pod redakcją Waldemara Lewińskiego

GIMNAZJUM

TERAZ BIOLOGIA

edycja 2013

4

terazwiedza

Teraz Biologia 4
Gimnazjum

• Układ oddechowy człowieka • Układ wydalniczy człowieka
• Układ dokrewny człowieka • Układ nerwowy człowieka
• Układ rozrodczy człowieka

EDYCJA 2013

pod redakcją Waldemara Lewińskiego

Jan Prokop

Jacek Balerstet

Teresa Borowska

© Copyright by

terazwiedza

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie, rozpowszechnianie lub odsprzedawanie poniższej publikacji w części lub w całości w jakiejkolwiek formie bez wyraźnej pisemnej zgody Wydawcy jest zabronione. Publikacja przeznaczona jest tylko do użytku prywatnego.

Copyright
© Waldemar Lewiński 2013
© Jan Prokop 2013
© Jacek Balerstet 2013
© Teresa Borowska 2013

Menadżer projektu i redaktor prowadzący – Dagmara Lewińska
Opracowanie graficzne projektu – Damian Lewiński
Grafiki – Jacek Balerstet, Damian Lewiński
Projekt okładki – Damian Lewiński
Redakcja techniczna – zespół

© Copyright by Oficyna Wydawnicza „Teraz Wiedza” s.c. 2013

ISBN - 978-83-62757-03-9

Oficyna Wydawnicza „Teraz Wiedza” s.c.
D. Lewińska, D. Lewiński, W. Lewiński
ul. Modrzewiowa 21
84-200 Kąpino
e-mail: kontakt@terazwiedza.pl
www.terazwiedza.pl

Teraz Biologia Gimnazjum

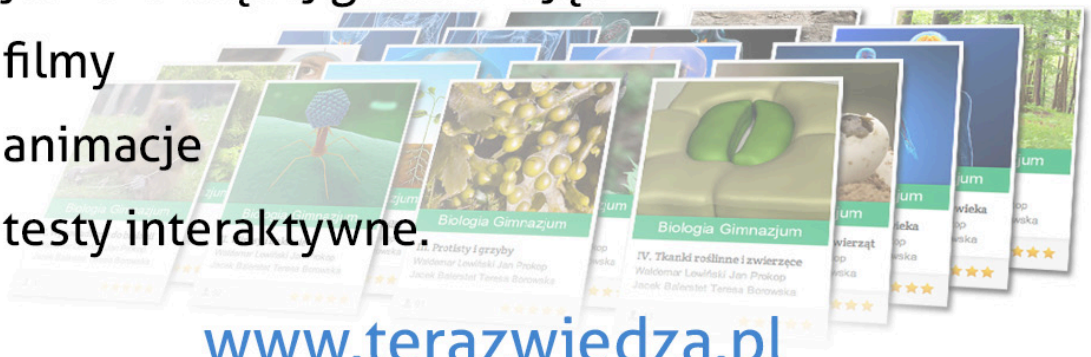
Teraz Biologia Gimnazjum to seria 5 nowoczesnych e-booków przygotowanych przez doświadczony zespół autorów podręczników szkolnych zgodnie z najnowszymi standardami wymagań MEN. Dołożyliśmy wszelkich starań, aby informacje zawarte w e-bookach były napisane w sposób prosty i zrozumiały dla każdego ucznia. Łatwość i komfort uczenia się wspierają setki grafik, zdjęć i schematów. Ponadto każdy rozdział kończy się podsumowaniem, kompletem poleceń kontrolnych oraz zestawem ważnych pojęć do zapamiętania.

E-booki Teraz Biologia Gimnazjum można czytać offline na tablecie, laptopie, czytniku e-booków, a nawet smartfonie.

Zachęcamy również do zapoznania się z naszym multiplatformowym systemem nauczania biologii online, który można znaleźć na stronie www.terazwiedza.pl. W systemie zawarliśmy nie tylko treść e-booków, ale także liczne materiały filmowe, analizę szkolnych doświadczeń, interaktywne testy i możliwość współpracy z innymi użytkownikami. Nauczanie online jest nie tylko skuteczne, ale także bardzo wygodne – dostęp do materiałów non-stop, na wszystkich urządzeniach, bieżąca informacja o postępach w nauce, itp.

System do nauki biologii online (LMS)

- jeszcze więcej grafik i zdjęć
- filmy
- animacje
- testy interaktywne.



www.terazwiedza.pl

Sprawdź już teraz!

Spis treści

XIII. Układ oddechowy człowieka
1. Budowa układu oddechowego
1.1. Wstęp
1.2. Drogi oddechowe
1.3. Płuca
1.4. Podsumowanie
2. Wymiana gazowa
2.1. Skład powietrza
2.2. Cykl oddechowy
2.3. Wymiana gazowa zewnętrzna i wewnętrzna
2.4. Podsumowanie
3. Wybrane problemy medyczne
3.1. Choroby układu oddechowego
3.2. Podsumowanie
4. Panel kontrolny Rozdziału XIII
4.1. Polecenia kontrolne
4.2. Ważne pojęcia
XIV. Układ wydalniczy człowieka
1. Budowa układu wydalniczego
1.1. Wstęp
1.2. Nerki człowieka
1.3. Drogi moczowe
1.4. Podsumowanie
2. Praca układu wydalniczego
2.1. Powstawanie moczu
2.2. Nerki a homeostaza
2.3. Podsumowanie
3. Wybrane problemy medyczne

3.1. Choroby układu wydalniczego
3.2. Podsumowanie
4. Panel kontrolny Rozdziału XIV
4.1. Polecenia kontrolne
4.2. Ważne pojęcia
XV. Układ hormonalny człowieka
1. Budowa układu hormonalnego
1.1. Organizacja układu
1.2. Wybrane gruczoły dokrewne
1.3. Podsumowanie
2. Hormonalna kontrola procesów życiowych
2.1. Działanie hormonów
2.2. Hormony działające antagonistycznie
2.3. Hormony a homeostaza
2.4. Podsumowanie
3. Wybrane problemy medyczne
3.1. Nadczynność i niedoczynność w pracy układu hormonalnego
3.2. Podsumowanie
4. Panel kontrolny Rozdziału XV
4.1. Polecenia kontrolne
4.2. Ważne pojęcia
XVI. Układ nerwowy człowieka
1. Budowa układu nerwowego
1.1. Podział układu nerwowego
1.2. Mózgowie człowieka
1.3. Rdzeń kręgowy
1.4. Nerwy
1.5. Podsumowanie
2. Czynności układu nerwowego

2.1. Synapsy
2.2. Łuk odruchowy
2.3. Odruchy
2.4. Autonomiczny układ nerwowy
2.5. Układ nerwowy i hormonalny
2.6. Podsumowanie
3. Wybrane problemy medyczne
4. Panel kontrolny Rozdziału XVI
4.1. Polecenia kontrolne
4.2. Ważne pojęcia
5. Budowa i funkcjonowanie oka
5.1. Narządy zmysłów
5.2. Budowa narządu wzroku
5.3. Praca narządu wzroku
5.4. Podsumowanie
6. Budowa i funkcjonowanie ucha
6.1. Budowa ucha człowieka
6.2. Wrażenia słuchowe
6.3. Czucie równowagi
6.4. Podsumowanie
7. Czucie chemiczne - nos i język
7.1. Narząd węchu
7.2. Narząd smaku
7.3. Podsumowanie
8. Wybrane problemy medyczne
9. Panel kontrolny Rozdziału XVI
9.1. Polecenia kontrolne
9.2. Ważne pojęcia
XVII. Układ rozrodczy człowieka

1. Układ rozrodczy męski
  1.1. Wstęp
  1.2. Budowa układu rozrodczego mężczyzny
  1.3. Powstawanie plemników
  1.4. Podsumowanie
2. Układ rozrodczy żeński
  2.1. Budowa układu rozrodczego kobiety
  2.2. Cykl miesiączkowy
  2.3. Podsumowanie
3. Zapłodnienie, ciąża i poród
  3.1. Zapłodnienie
  3.2. Ciąża i poród
  3.3. Podsumowanie
4. Wybrane problemy medyczne
  4.1. Higiena i choroby
  4.2. Podsumowanie
5. Panel kontrolny Rozdziału XVII
  5.1. Polecenia kontrolne
  5.2. Ważne pojęcia

XIII. Układ oddechowy człowieka

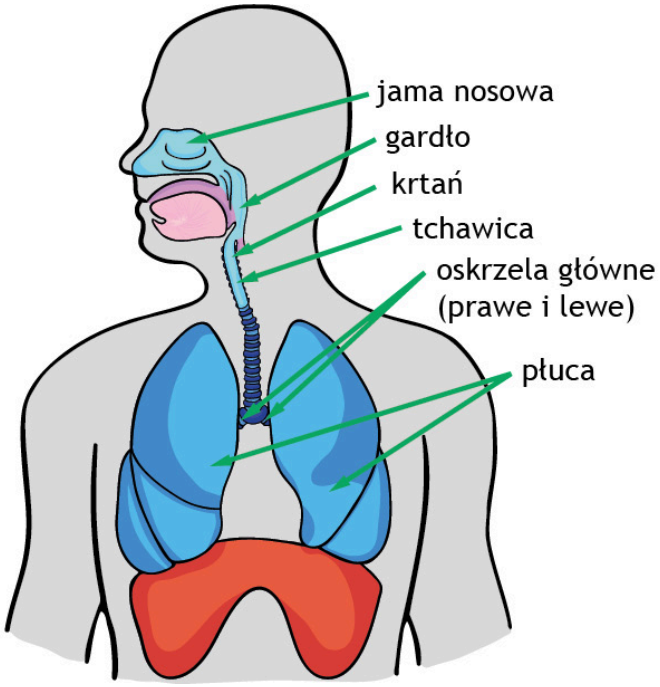
1. Budowa układu oddechowego

1.1. Wstęp

Człowiek jest dużym stałocieplnym ssakiem. Ma rozbudowany **układ oddechowy** zapewniający szybką i wydajną wymianę gazową: pobieranie tlenu i usuwanie dwutlenku węgla. Układ oddechowy człowieka bierze także udział w termoregulacji. Z układem oddechowym ściśle współpracuje układ krwionośny, który transportuje gazy oddechowe w organizmie.

Układ oddechowy składa się z **dróg oddechowych** oraz parzystych **płuc**. Wyróżniamy następujące odcinki dróg oddechowych: jamę nosową (jej funkcje może zastępować jama ustna), gardło, krtań, tchawicę oraz oskrzela. Poszczególne odcinki różnią się szerokością, mają też inną budowę. Drogi oddechowe nie biorą udziału w wymianie gazowej. Ich zadaniem jest dostarczanie świeżego powietrza do płuc i usuwanie zużytego. Właściwymi narządami wymiany gazowej są płuca.

Układ oddechowy zbudowany jest z tkanki nabłonkowej, tkanki mięśniowej gładkiej oraz tkanki łącznej.



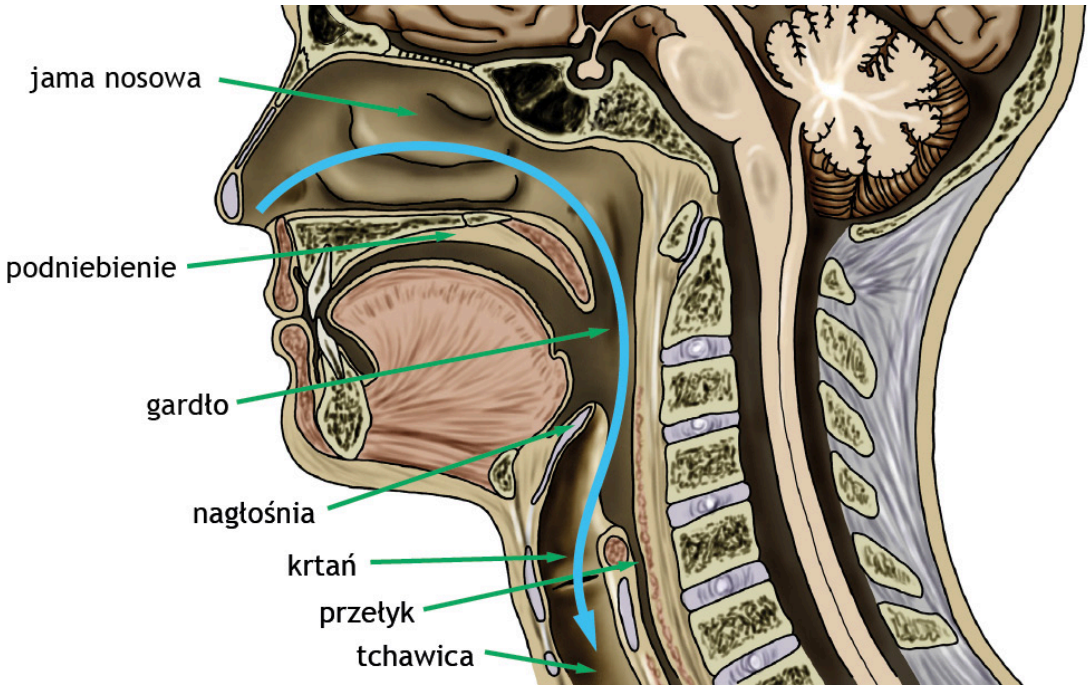
Budowa układu oddechowego

Ciekawe!

Układ oddechowy człowieka nie jest przystosowany do pobierania tlenu z wody. Człowiek może wstrzymać oddech maksymalnie na kilka minut, dlatego nurkowie zabierają pod wodę zapas mocno sprężonego powietrza w specjalnych stalowych butlach.

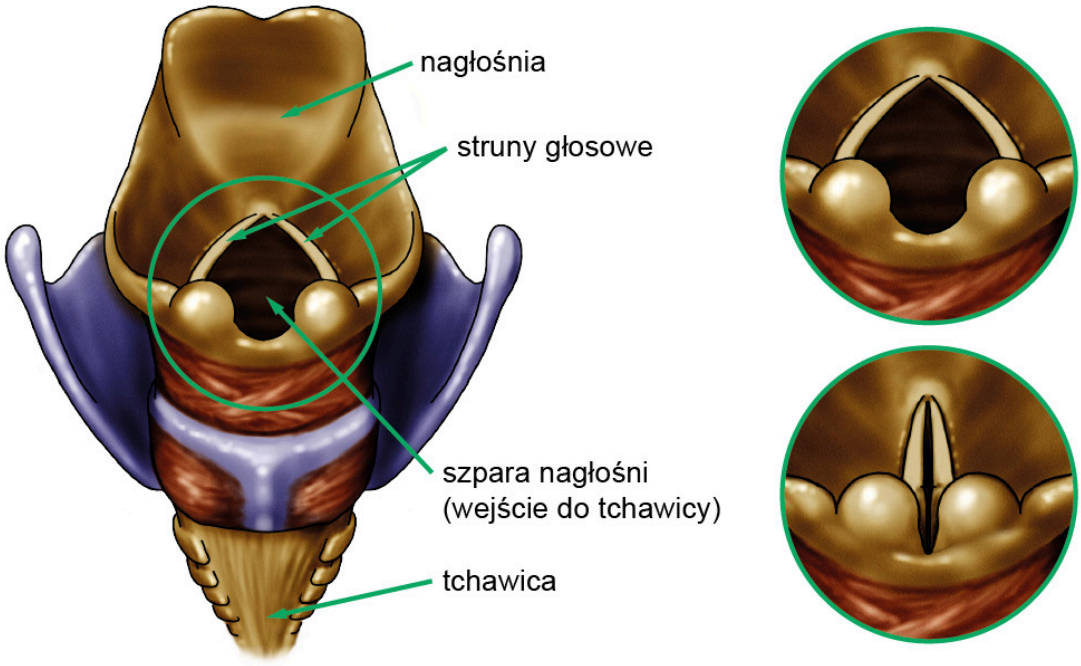
1.2. Drogi oddechowe

Początkowym odcinkiem **dróg oddechowych** jest **jama nosowa.** W niej powietrze jest ogrzewane, oczyszczane i nawilżane. Z jamy nosowej wdychane powietrze dostaje się do gardła. **Gardło** jest wspólnym odcinkiem przewodu pokarmowego i dróg oddechowych. Po przejściu przez gardło powietrze dostaje się do **krtani**. Podczas połykania kęsa pokarmu wlot do krtani jest zamykany przez nagłośnię – chrząstkę działającą jak klapka. Kiedy oddychamy, nagłośnia jest uniesiona i powietrze może swobodnie przechodzić przez krtań.



Drogi oddechowe

W krtani znajduje się **głośnia**, która jest miejscem wytwarzania dźwięków. Głośnię współtworzą tak zwane struny głosowe (boczne fałdy błony śluzowej krtani; fałdy głosowe), które ograniczają szparę głośni. Dźwięki powstające w głośni są zmieniane (modulowane) przez język, wargi i miękką część podniebienia. W ten sposób możliwa jest **artykulacja**, czyli tworzenie dźwięków mowy ludzkiej.



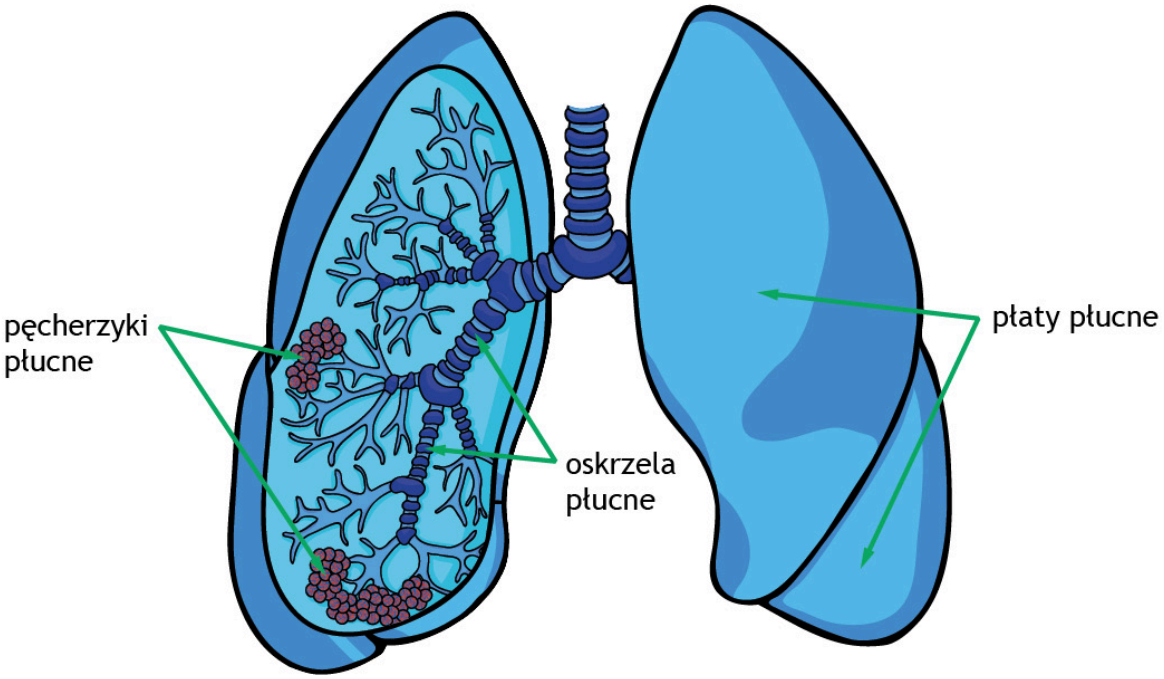
Krtań łączy gardło z tchawicą i umożliwia wydawanie dźwięków

Z krtani powietrze wędruje do **tchawicy**. Ściana tchawicy wzmocniona jest pierścieniowatymi chrząstkami (dzięki temu rura tchawicy się nie zapada). Tchawica rozgałęzia się na dwa **oskrzela główne**: prawe i lewe. Oskrzela główne wchodzą do płuc.

Wyściółkę dróg oddechowych stanowi błona śluzowa. Jej nabłonek ma liczne rzęski i pokryty jest śluzem. Rzęski i śluz wychwytują zanieczyszczenia z wdychanego powietrza.

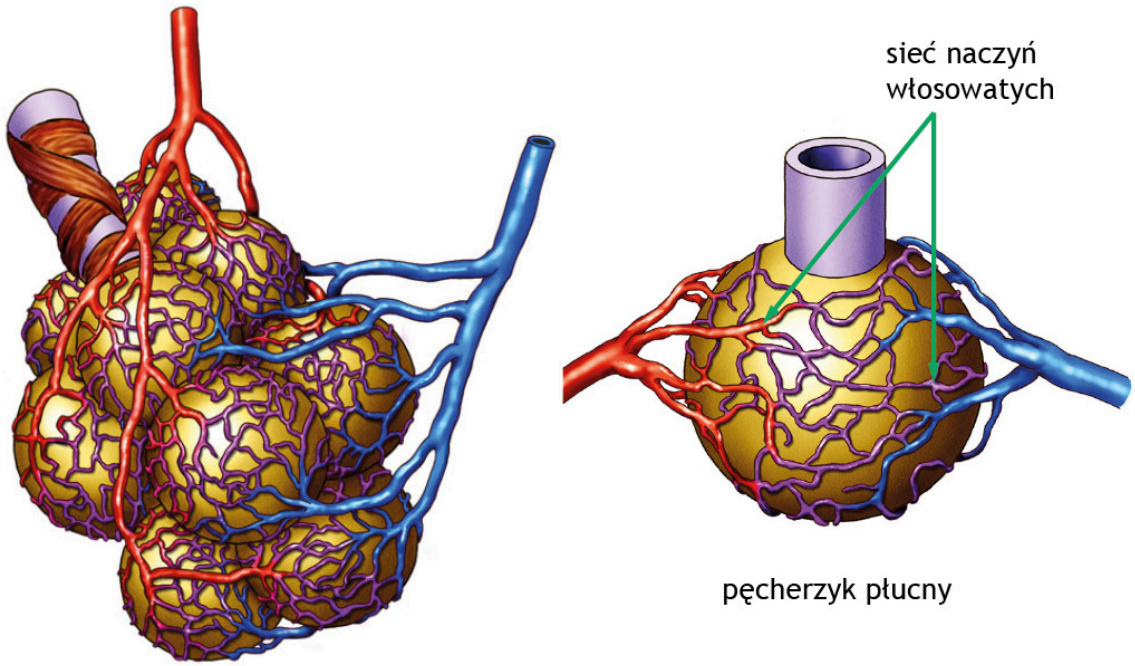
1.3. Płuca

Płuca znajdują się w klatce piersiowej. Sprężyste rusztowanie klatki piersiowej nie tylko chroni delikatne tkanki płuc, ale także umożliwia ich rozciąganie (zmianę objętości pęcherzyków płucnych). Każde płuco zbudowane jest z płatów. Prawe płuco ma trzy płaty, lewe – dwa (ze względu na to, że we wnęce lewego płuca znajduje się serce). Płuca okrywa delikatna łącznotkankowa błona – **opłucna**.



Budowa płuc

Zasadniczym elementem każdego płuca jest tak zwane drzewo oskrzelowe. Tworzą je coraz bardziej rozgałęziające się **oskrzela**. Drobne odgałęzienia oskrzeli to oskrzeliki. Najdrobniejsze oskrzeliki zakończone są charakterystycznymi, bulwkowatymi rozszerzeniami – **pęcherzykami płucnymi**. Skupienia pęcherzyków płucnych przypominają kiście winogron.



Liczbę pęcherzyków płucnych w każdym płucu szacuje się na kilkaset milionów. Łączna powierzchnia pęcherzyków płucnych dorosłego człowieka przekracza 80-90 m^2 (taką powierzchnię ma bardzo duża sala lekcyjna w szkole).

Ściany pęcherzyków płucnych są bardzo cienkie – tworzy je nabłonek jednowarstwowy płaski. Pęcherzyki płucne oplecione są gęstą siecią **naczyń włosowatych**, a ponieważ ściany naczyń włosowatych także są bardzo cienkie, to wymiana gazowa (dyfuzja gazów oddechowych) zachodzi niezwykle sprawnie.

1.4. Podsumowanie

1. Układ oddechowy człowieka składa się z dróg oddechowych oraz płuc – parzystego narządu wymiany gazowej.

2. Drogi oddechowe tworzą: jama nosowa, gardło, krtań, tchawica i para oskrzeli głównych. Drogi oddechowe okrywa nabłonek wielorzędowy urzęsiony oraz śluz, dzięki czemu wdychane powietrze zostaje oczyszczone, nawilżone i ogrzane.

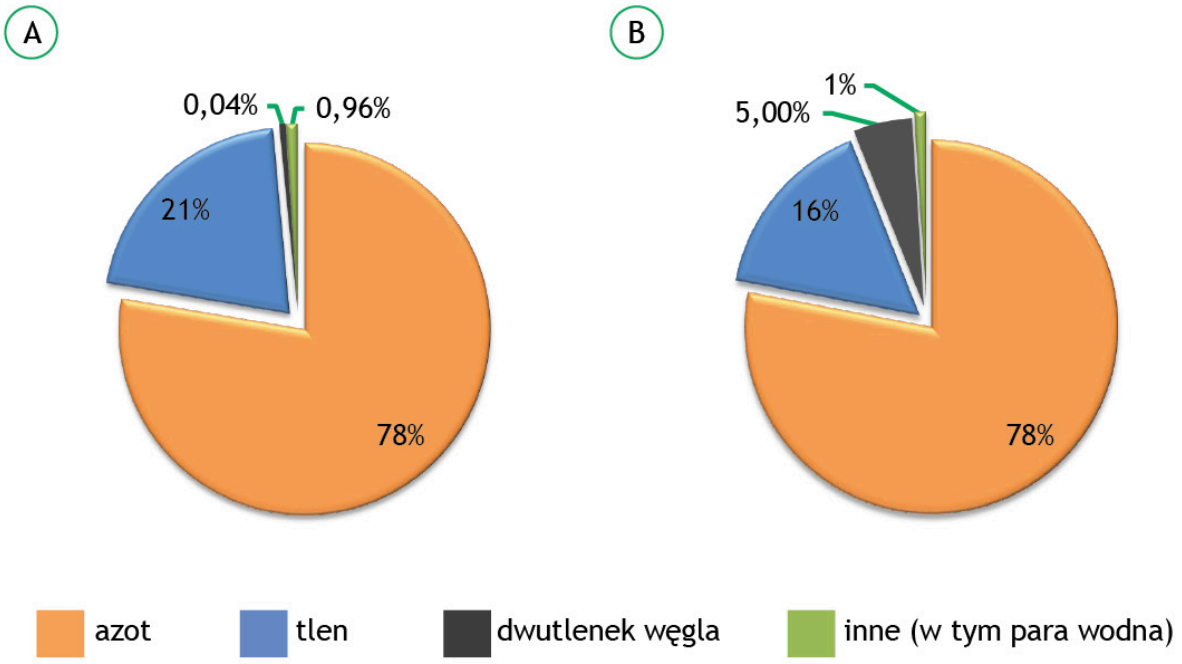
3. Płuca mają strukturę delikatną i gąbczastą. Wewnątrz płuc przebiegają rozgałęzienia oskrzeli – oskrzeliki, z których najmniejsze zakończone są pęcherzykami płucnymi. Pęcherzyki płucne oplecione są bardzo gęstą siecią naczyń włosowatych. Od zewnątrz płuca okrywa błona łącznotkankowa –

opłucna.

2. Wymiana gazowa

2.1. Skład powietrza

Człowiek oddycha **powietrzem atmosferycznym**. Wdychane powietrze jest zasobne w tlen i azot, natomiast zawiera bardzo mało dwutlenku węgla. Ilość pary wodnej jest zmienna. Powietrze wydychane ma o kilka procent mniej tlenu, natomiast znacznie więcej dwutlenku węgla i pary wodnej. Ilość azotu nie zmienia się (nasze komórki nie zużywają tego gazu!). Obecność tlenu w wydychanym powietrzu bierze się stąd, że krew może pobrać tylko jego część.

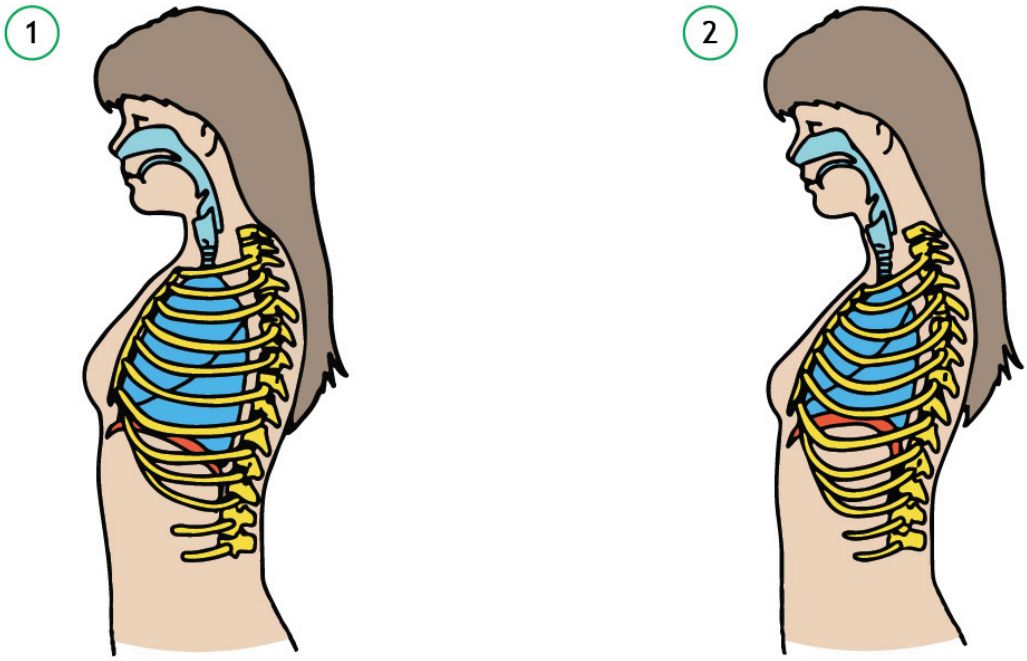


Skład powietrza wdychanego (A) i wydychanego (B)

2.2. Cykl oddechowy

W przeciętnych warunkach człowiek wykonuje około 12-14 cykli oddechowych w ciągu jednej minuty. Na pojedynczy **cykl oddechowy** składa się wdech i wydech. Tempo oddychania regulowane jest przez układ nerwowy. Podstawowym czynnikiem, który pobudza oddychanie (ruchy klatki piersiowej i skurcze przepony), jest stężenie dwutlenku węgla we krwi. Gdy stężenie rośnie, na przykład podczas wysiłku, wzrasta częstotliwość i głębokość oddechów.

Możemy świadomie wpływać na częstotliwość oddechów, nie potrafimy jednak ich zupełnie wstrzymać.



Pojedynczy cykl oddechowy (wdech i wydech)

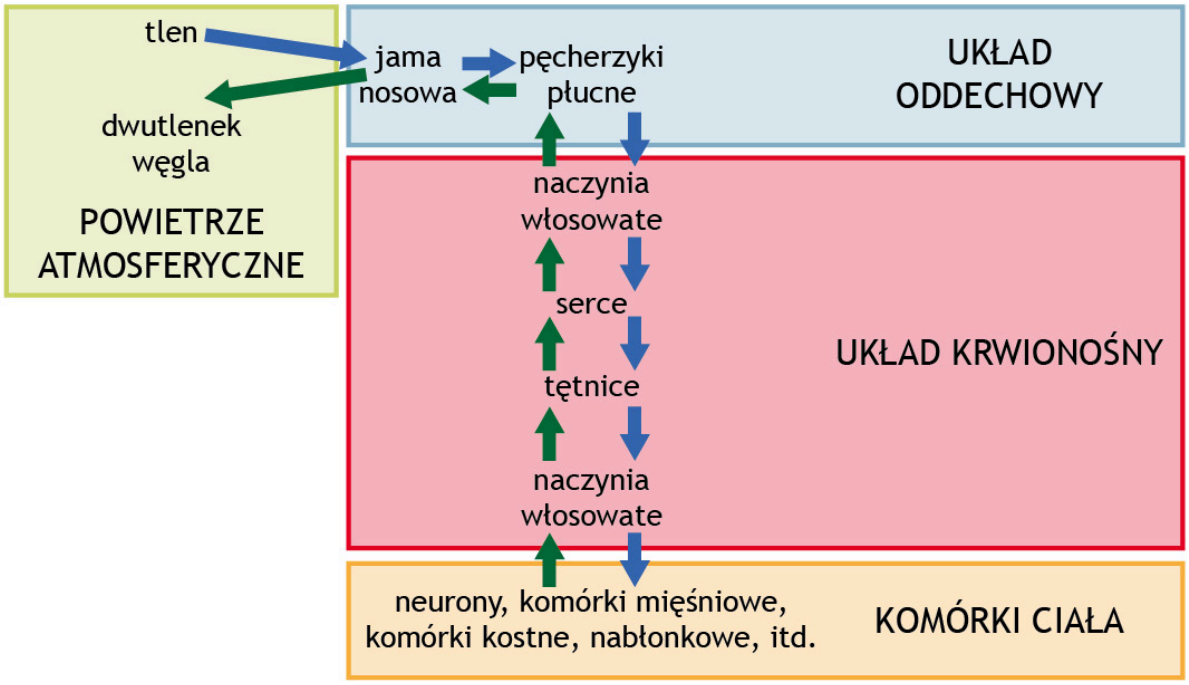
Wdech zachodzi wówczas, gdy klatka piersiowa zwiększa swoją objętość. Jest to możliwe dzięki skurczom mięśni międzyżebrowych (powodują uniesienie mostka i żeber, które odsuwają się od kręgosłupa) oraz przepony (płuca rozciągane są w dół). W rozciągniętych pęcherzykach płucnych wytwarza się podciśnienie i powietrze zasysane jest do płuc.

Wydech następuje, gdy klatka piersiowa zmniejsza swoją objętość. Podczas wydechu mięśnie międzyżebrowe oraz przepona ulegają rozluźnieniu. Sprężystość klatki piersiowej powoduje, że mostek i żebra opadają. Jednocześnie narządy jamy brzusznej unoszą przeponę. W ściśniętych pęcherzykach płucnych powstaje nadciśnienie i powietrze jest wytłaczane na zewnątrz.

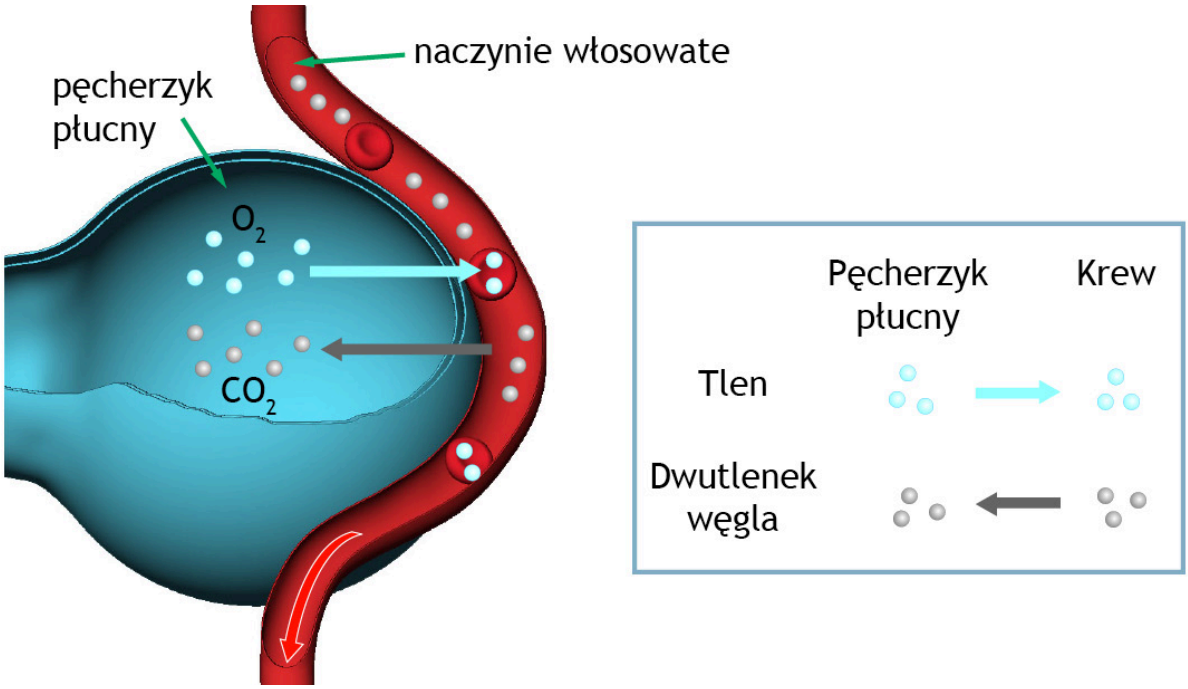
W spoczynku jednorazowo wymieniamy około 0,5 dm^3 powietrza. Podczas maksymalnego wdechu i wydechu jest to już ponad 4 dm^3. Nawet podczas najgłębszego wydechu w płucach pozostaje pewien zapas powietrza, czyli objętość zalegająca (ok. 1 dm^3).

2.3. Wymiana gazowa zewnętrzna i wewnętrzna

Tlen transportowany jest przez erytrocyty (łączy się w nich z hemoglobiną), dwutlenek węgla wędruje głównie w osoczu krwi. Transport obu gazów odbywa się zgodnie z gradientem stężeń (od miejsca o większym stężeniu do miejsca o stężeniu mniejszym).



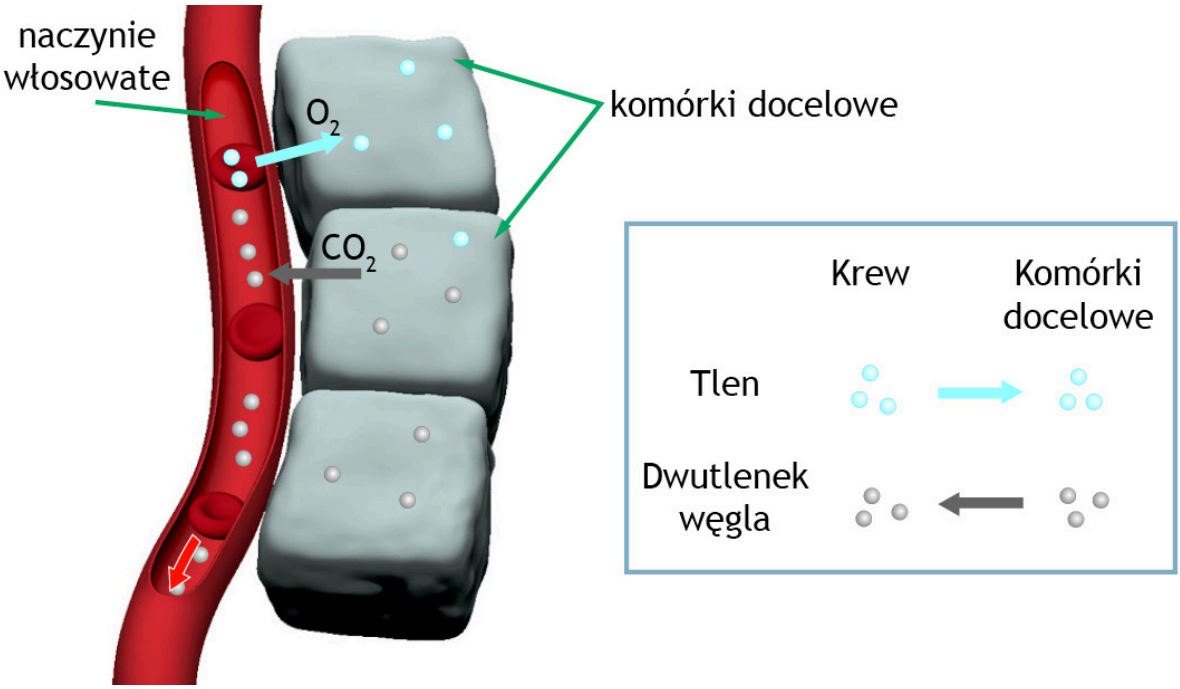
W płucach zachodzi **wymiana gazowa zewnętrzna**: krew oddaje dwutlenek węgla i pobiera tlen. Dwutlenek węgla dyfunduje do pęcherzyków płucnych i podczas wydechu usuwany jest na zewnątrz. Tlen dyfunduje w kierunku odwrotnym – z pęcherzyków do krwi. Zapas tlenu uzupełniany jest podczas kolejnego wdechu.



Wymiana gazowa zewnętrzna

Z płuc krew zasobna w tlen i uboga w dwutlenek węgla trafia do serca (lewy przedsionek, lewa komora) i naczyniami tętniczymi dużego obiegu rozprowadzana jest po całym organizmie, na przykład wędruje do wszystkich mięśni, kości, mózgu i nerek.

W tkankach ciała następuje **wymiana gazowa wewnętrzna**: krew oddaje tlen i pobiera dwutlenek węgla. Tlen dyfunduje do komórek docelowych otaczających naczynia włosowate. Dwutlenek węgla odwrotnie – dyfunduje z komórek do osocza krwi.



Wymiana gazowa wewnętrzna

Z tkanek krew zasobna w dwutlenek węgla i uboga w tlen wędruje do serca (prawy przedsionek, prawa komora) i naczyniami tętniczymi małego obiegu doprowadzana jest do płuc. W ten sposób krążąca krew nieustannie transportuje gazy oddechowe.

2.4. Podsumowanie

1. Wymiana gazowa zewnętrzna polega na pobieraniu z wdychanego powietrza tlenu (przez erytrocyty) oraz oddawaniu dwutlenku węgla (z osocza krwi). Pobrany tlen jest transportowany do tkanek, z nich zaś do osocza krwi dyfunduje dwutlenek węgla. Proces wymiany gazowej w tkankach nazywamy wymianą gazową wewnętrzną.

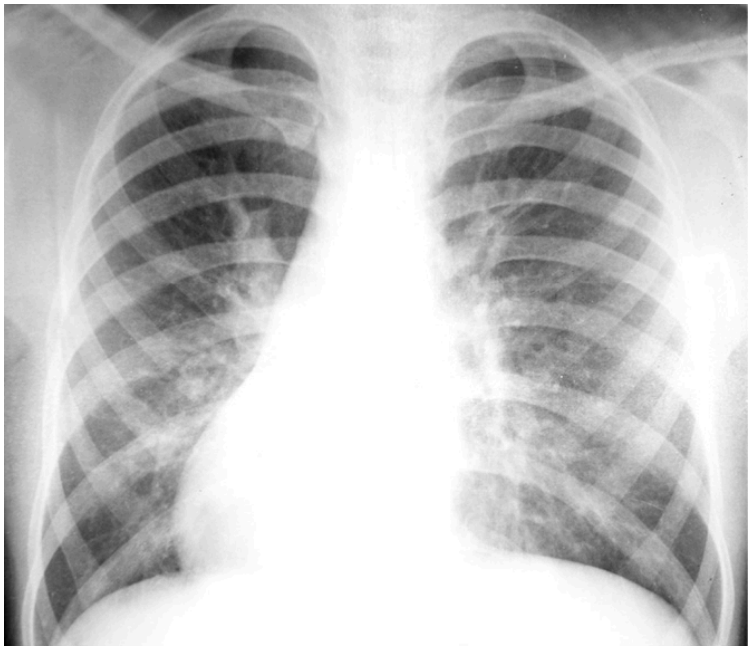
2. Wentylacja płuc (wdychanie i wydychanie powietrza) jest możliwa dzięki zmianom objętości klatki piersiowej. Podczas wdechu skurcz przepony i mięśni międzyżebrowych zwiększa jej objętość – następuje zasysanie powietrza. W czasie wydechu zmniejsza się objętość klatki piersiowej i powietrze zostaje wypchnięte z płuc.

3. Wybrane problemy medyczne

3.1. Choroby układu oddechowego

Nawet mała niewydolność układu oddechowego może być przyczyną poważnych problemów zdrowotnych, dlatego dbałość o higienę układu oddechowego jest bardzo istotna.

Do chorób układu oddechowego należą między innymi: zapalenie płuc, angina, gruźlica, a także pylica i astma oskrzelowa. **Zapalenie płuc** mogą wywoływać wirusy lub bakterie. **Angina** to ostre wirusowe lub bakteryjne zapalenie migdałków. Nieleczona angina lub zapalenie płuc mogą dawać groźne powikłania, na przykład uszkodzenie mięśnia sercowego. **Gruźlicę** wywołują bakterie – prątki Kocha. Leczenie gruźlicy (głównie antybiotykami) jest bardzo trudne i długotrwałe, jednak nieleczona prowadzi do śmierci.



Badania rentgenograficzne płuc są ważnym elementem zapobiegania zgonom z powodu nowotworów złośliwych

Uwaga: W Polsce 90% mężczyzn chorujących na raka płuc to palacze (czynni i bierni).

Pylica jest przewlekłą chorobą płuc. Na pylicę chorują ludzie, którzy podczas pracy narażeni są na długotrwałe wdychanie pyłu węglowego, kredy czy azbestu (azbest jest substancją rakotwórczą). **Astma oskrzelowa**

(dychawica) jest chorobą przewlekłą, objawiającą się częstymi napadami duszności, kaszlu i świszczącego oddechu. Często przyczyną rozwoju astmy jest **katar sienny** (alergiczny nieżyt nosa). W leczeniu stosuje się głównie leki działające przeciwzapalnie (podawane wziewnie).

Ludzie cierpiący na astmę często używają inhalatorów

Dziedzina medycyny zajmująca się schorzeniami płuc i dróg oddechowych to **pulmonologia**. Rozpoznaniem chorób uszu, nosa, gardła i krtani zajmuje się **otolaryngologia**.

3.2. Podsumowanie

1. Palenie tytoniu jest bezpośrednią przyczyną wielu chorób układu oddechowego, na przykład raka płuc.

2. Wiele chorób układu oddechowego wywoływanych jest przez wirusy i bakterie. Do częstych chorób układu oddechowego należą: zapalenie płuc, angina i grypa. Niebezpieczną chorobą wciąż pozostaje gruźlica.

3. W ostatnich latach coraz więcej ludzi ma alergie. Są one wywoływane między innymi przez pyłki roślin, roztocza kurzu domowego.

4. Regularne i dobrze zaplanowane ćwiczenia fizyczne zwiększają pojemność oddechową płuc i sprawność całego układu oddechowego, co

znacząco podnosi komfort życia człowieka.

4. Panel kontrolny Rozdziału XIII

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XIII (na www.terazwiedza.pl).

4.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Budowa układu oddechowego

1. Wymień we właściwej kolejności narządy układu oddechowego człowieka.
2. Wytłumacz, jaką rolę pełnią poszczególne odcinki dróg oddechowych doprowadzających powietrze do płuc.
3. Wyjaśnij, w jaki sposób budowa pęcherzyków płucnych wpływa na wydajną wymianę gazową.

Polecenia do lekcji 2. Praca układu oddechowego

1. Wytłumacz mechanizm wdechu i wydechu oraz odpowiedz, która faza jest aktem czynnym, a która biernym.
2. Narysuj diagram słupkowy ilustrujący procentowy skład powietrza wdychanego i wydychanego. Następnie zinterpretuj różnicę danych liczbowych.
3. Zaprojektuj prosty model ilustrujący wpływ przepony na zmianę objętości płuc.
4. Wyjaśnij, na czym polega wymiana gazowa zewnętrzna i wewnętrzna oraz jaką rolę w obu procesach pełni krew.
5. Zaplanuj i przeprowadź doświadczenie ilustrujące wymianę gazową w płucach.

Polecenia do lekcji 3. Wybrane problemy medyczne układu oddechowego

1. Znajdź w Internecie informacje o wpływie palenia tytoniu na zdrowie. Wskaż te substancje, które są szczególnie szkodliwe.
2. Wymień choroby układu oddechowego i omów ich przyczyny.
3. Określ wpływ wybranych elementów stylu życia na funkcjonowanie układu oddechowego.

4. Znajdź w Internecie informacje na temat przebiegu, zapobiegania i leczenia grypy oraz przeziębienia. Porównaj te choroby i przedstaw wyniki w postaci tabelki.

4.2. Ważne pojęcia

• drogi oddechowe: jama nosowa, gardło, krtań, tchawica, oskrzela, oskrzeliki • pęcherzyki płucne • płuca • wentylacja płuc • cykl oddechowy: wdech, wydech • przepona • mięśnie międzyżebrowe • wymiana gazowa zewnętrzna • wymiana gazowa wewnętrzna • choroby układu oddechowego: angina, astma oskrzelowa, grypa, gruźlica, pylica, zapalenie płuc, nowotwory krtani i płuc • laryngolog

XIV. Układ wydalniczy człowieka

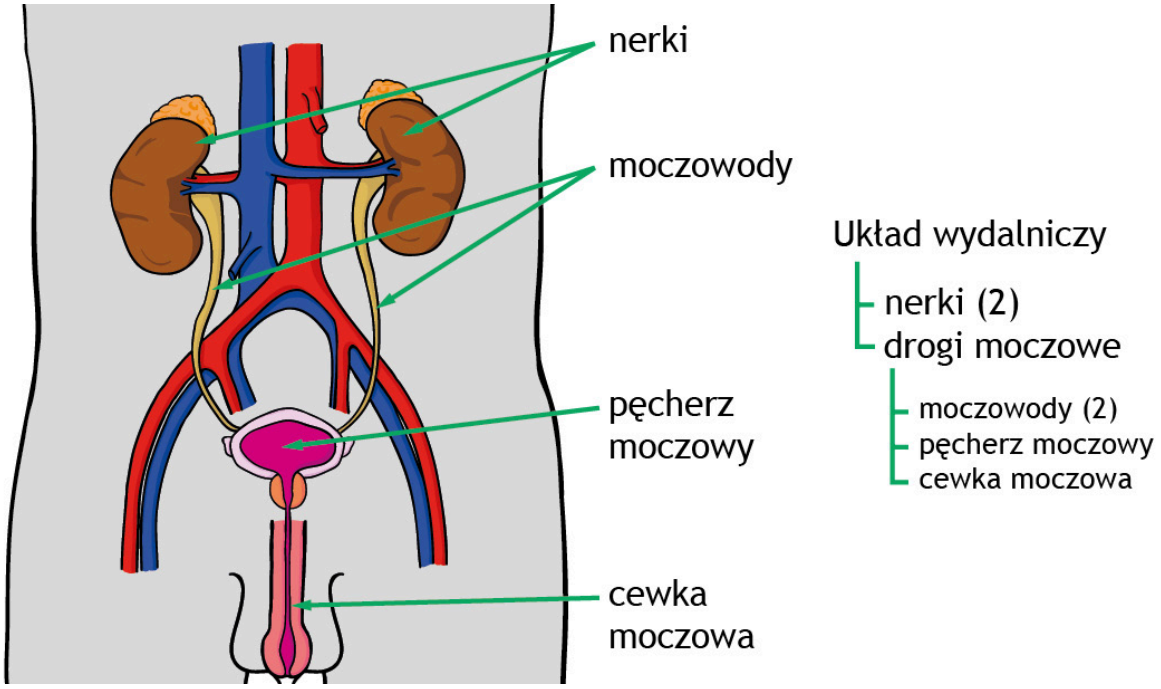
1. Budowa układu wydalniczego

1.1. Wstęp

Układ wydalniczy człowieka sprawnie oczyszcza krew ze zbędnych i szkodliwych substancji chemicznych, wytwarza **mocz** i usuwa (wydala) go z organizmu. Reguluje także ilość wody w organizmie, bierze więc udział w utrzymaniu homeostazy. Nie usuwa natomiast dwutlenku węgla – to zadanie układu oddechowego.

Z układem wydalniczym ściśle współpracuje układ krwionośny, który zbiera i transportuje zbędne oraz szkodliwe produkty przemiany materii do nerek.

Układ wydalniczy składa się z parzystych **nerek** i **dróg moczowych**: moczowodów, pęcherza moczowego oraz cewki moczowej.



Układ wydalniczy mężczyzny

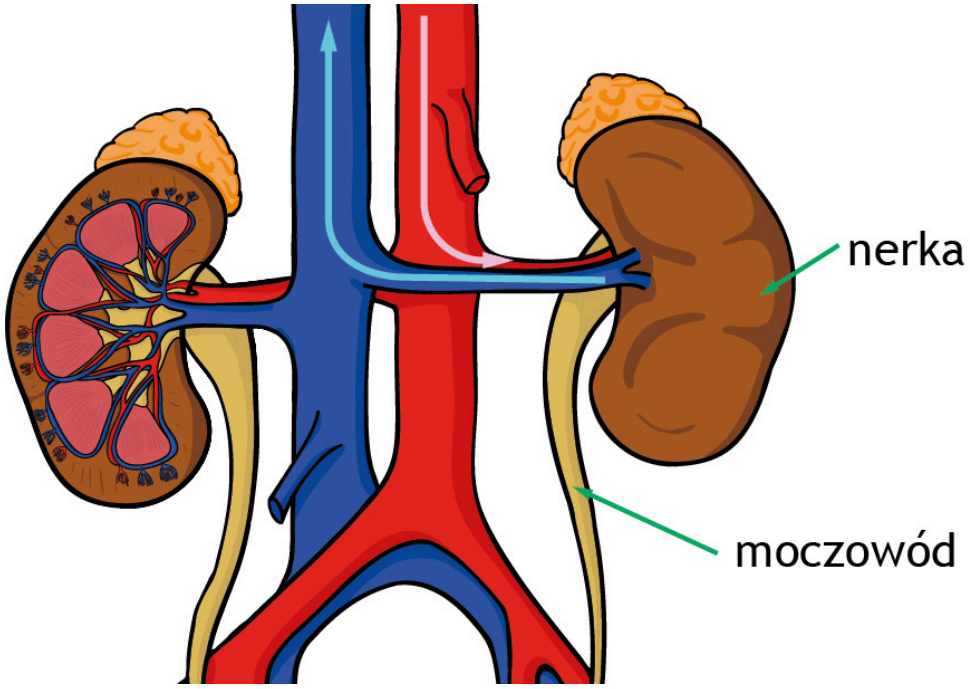
Elementy układu wydalniczego zbudowane są z tkanki nabłonkowej, tkanki mięśniowej gładkiej oraz tkanki łącznej. Nerki są bardzo silnie ukrwione.

1.2. Nerki człowieka

Właściwymi narządami wydalniczymi są **nerki**. W nerkach powstaje

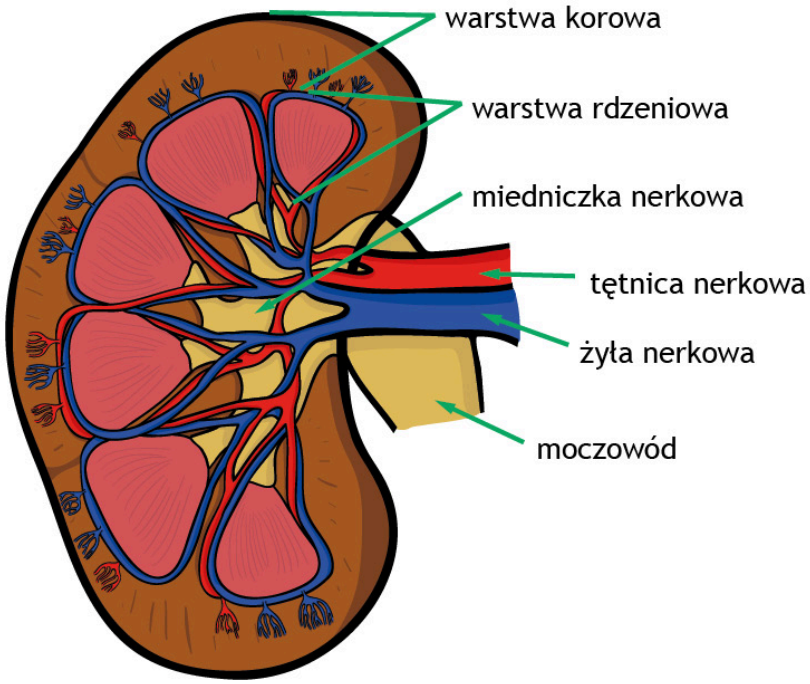
mocz – wodny roztwór mocznika i innych produktów przemiany materii. Moczowody transportują mocz do pęcherza moczowego, skąd jest on usuwany przez cewkę moczową na zewnątrz.

Każdy człowiek ma dwie nerki położone w tylnej części jamy brzusznej, w pobliżu kręgosłupa. Nerki przypominają kształtem ziarna fasoli zwrócone wklęsłą częścią do siebie. Do każdej nerki wchodzi tętnica nerkowa, wychodzi zaś żyła nerkowa i moczowód.



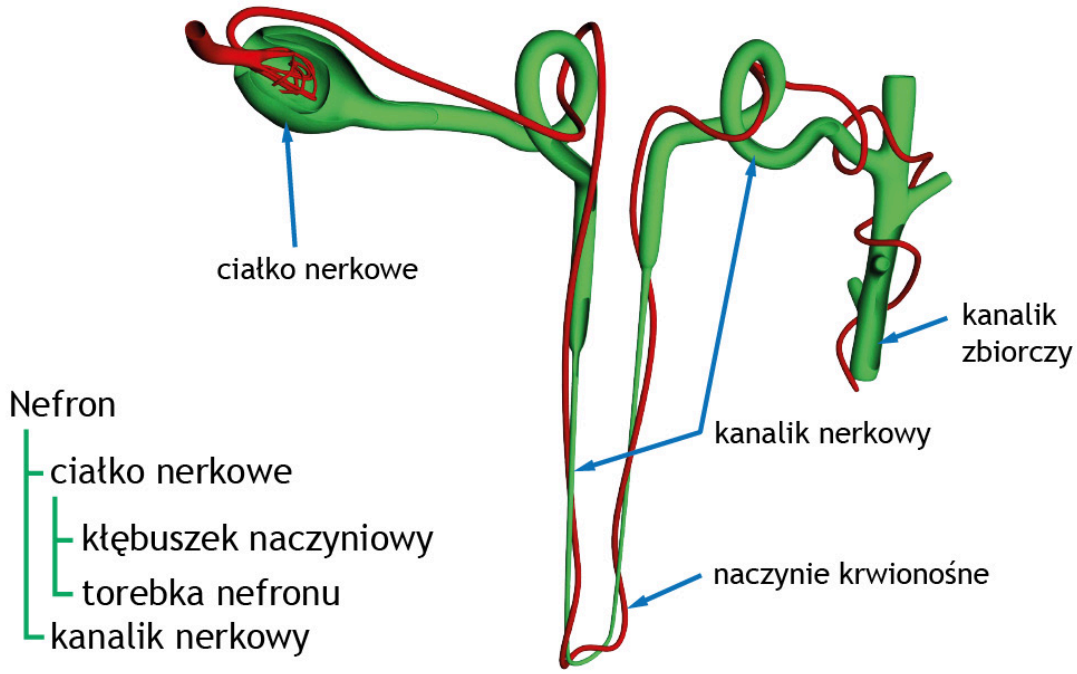
Naczynia krwionośne zaopatrujące nerki (strzałki pokazują dopływ i odpływ krwi z nerki lewej)

Na przekroju widać, że budowa wewnętrzna nerki jest warstwowa. Licząc od zewnątrz, są to: **warstwa korowa** oraz **warstwa rdzeniowa**. Najgłębiej położona jest miedniczka nerkowa. Z niej bierze początek **moczowód**. Tętnice nerkowe są dużymi naczyniami, które w nerkach rozgałęziają się na bardzo rozbudowaną sieć drobnych naczyń krwionośnych. Krew z nerek wraca żyłami nerkowymi.



Budowa nerki na przekroju

W każdej nerce znajduje się około miliona mikroskopijnych elementów – nefronów. **Nefron** jest podstawową jednostką czynnościową nerki. Składa się z dwóch części: ciałka nerkowego oraz kanalika nerkowego. Każde **ciałko nerkowe** zbudowane jest z kłębuszka naczyniowego (drobnego skupiska naczyń włosowatych) otoczonego przez torebkę nefronu (malutką bańkę o podwójnej ściance). Torebka nefronu przechodzi w cienki, kręty **kanalik nerkowy**.

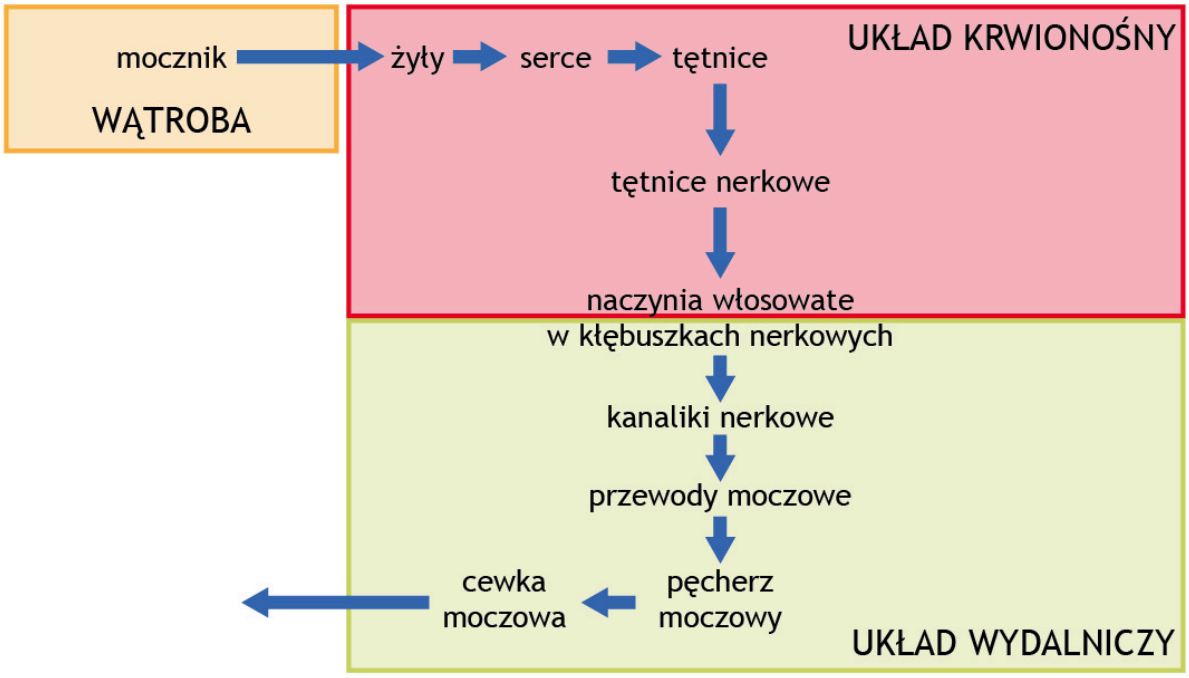


Budowa nefronu (model komputerowy)

Ciałka nerkowe znajdują się w warstwie korowej nerki, natomiast kanaliki nerkowe wchodzą do warstwy rdzeniowej, gdzie tworzą charakterystyczne pętle. Na całej długości kanaliki nerkowe oplecione są siecią drobnych naczyń włosowatych. Kanaliki nerkowe uchodzą do większych **kanalików zbiorczych**. Warstwa rdzeniowa nerki zbudowana jest głównie z kanalików nerkowych oraz kanalików zbiorczych. Kanaliki zbiorcze uchodzą do miedniczek nerkowych. Są to jamy we wgłębieniu nerki. W miedniczkach nerkowych rozpoczynają się moczowody.

1.3. Drogi moczowe

Moczowody są giętkimi przewodami łączącymi nerki z pęcherzem moczowym. Pęcherz moczowy jest rozciągliwym workiem o umięśnionych ścianach (pojemność całkowicie wypełnionego pęcherza wynosi 0,6-0,8 dm^3). U mężczyzn cewka moczowa łączy się z nasieniowodem, natomiast u kobiet uchodzi na zewnątrz odrębnym otworem.



Oto droga, którą w samym układzie wydalniczym człowieka pokonują zbędne i szkodliwe produkty przemiany materii:

torebka nefronu - kanalik nerkowy - kanalik zbiorczy - miedniczka nerkowa - moczowód - pęcherz moczowy - cewka moczowa

1.4. Podsumowanie

1. Zadaniem układu wydalniczego człowieka jest oczyszczanie krwi ze zbędnych i szkodliwych produktów metabolizmu (głównie mocznika) oraz utrzymywanie równowagi wodno-mineralnej organizmu (homeostazy). Funkcje układu wydalniczego wspomagają płuca (wydalają CO_2) oraz skóra (w pocie wydalany jest nadmiar NaCl).

2. Układ wydalniczy człowieka tworzą parzyste nerki oraz drogi wyprowadzające mocz. Nerki są właściwymi narządami wydalniczymi. W każdej nerce wyróżnić można warstwę korową oraz rdzeniową. Poniżej warstwy rdzeniowej leży miedniczka nerkowa. Drogi moczowe zbudowane są z dwóch moczowodów, pęcherza moczowego oraz cewki moczowej.

3. Nerki są mocno unaczynione i ukrwione. Krew, zawierająca duże ilości mocznika, jest doprowadzana do nerek za pomocą tętnic nerkowych. Po oczyszczeniu opuszcza nerki żyłami nerkowymi.

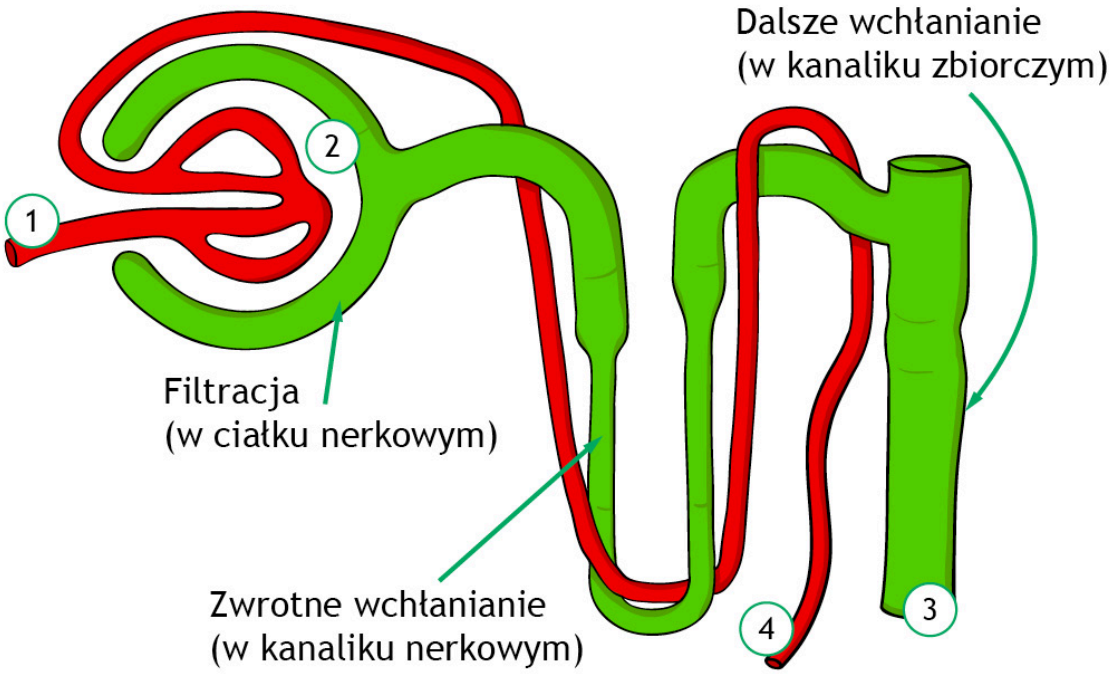
4. Podstawową jednostką czynnościową nerki jest nefron. Składa się on z

ciałka nerkowego (kłębuszek naczyniowy otoczony dwuścienną torebką nefronu) oraz kanalika nerkowego (długi, poskręcany przewód). Kanalik opleciony jest siecią naczyń włosowatych.

2. Praca układu wydalniczego

2.1. Powstawanie moczu

Mocz powstaje w dwóch zasadniczych etapach: w pierwszym następuje filtracja, w drugim zwrotne wchłanianie niektórych substancji. **Filtracja** zachodzi w ciałkach nerkowych, wchłanianie – w kanalikach nerkowych, a także w kanalikach zbiorczych.



Skład krwi i moczu:

1. Krew docierająca do ciałka nerkowego: bardzo dużo wody, mocznik, glukoza, aminokwasy, sole mineralne, krwinki, białka osocza.

2. Mocz pierwotny w torebce nefronu: bardzo dużo wody, mocznik, glukoza, aminokwasy, sole mineralne.

3. Mocz ostateczny: mało wody, dużo mocznika, niektóre sole mineralne.

4. Krew wypływająca z nerki: dużo wody, glukoza, aminokwasy, sole mineralne, krwinki, białka osocza.

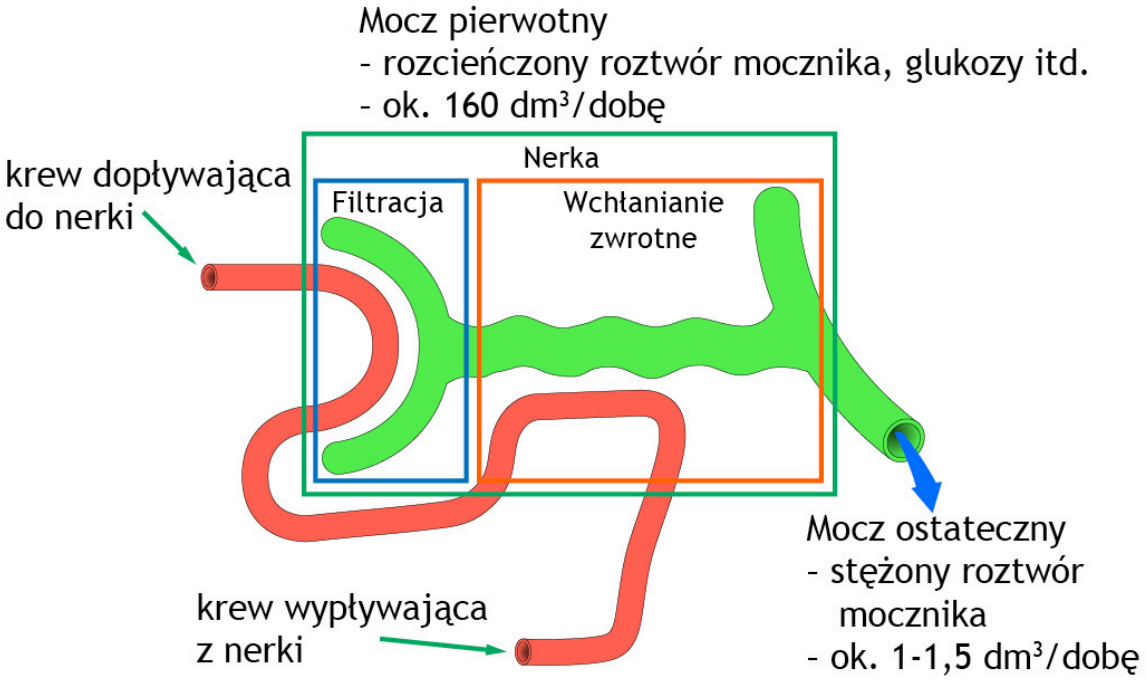
Filtracja jest możliwa, ponieważ tętniczka dochodząca do kłębuszka naczyniowego ma nieco większą średnicę niż tętniczka odprowadzająca. W ten sposób, podczas przepływu krwi, w naczyniach włosowatych kłębuszka naczyniowego powstaje niewielkie nadciśnienie. Powoduje ono, że drobnocząsteczkowe substancje chemiczne rozpuszczone w osoczu

przesączają się przez ściany naczyń włosowatych kłębuszka. Do torebki nefronu trafia woda, mocznik, glukoza, aminokwasy i sole mineralne. Z kolei krwinki oraz białka osocza są zbyt duże i nie mogą zostać wyciśnięte (pozostają w naczyniach krwionośnych).

Płyn powstający w torebce nefronu to **mocz pierwotny.** Znajduje się w nim dużo cennej wody, glukozy, aminokwasów oraz soli mineralnych. Podczas przesuwania się moczu pierwotnego przez kanalik nerkowy substancje te są wchłaniane z powrotem do krwi (stąd wchłanianie zwrotne). W ten sposób powstaje stężony **mocz ostateczny**, który nie zawiera substancji potrzebnych organizmowi.

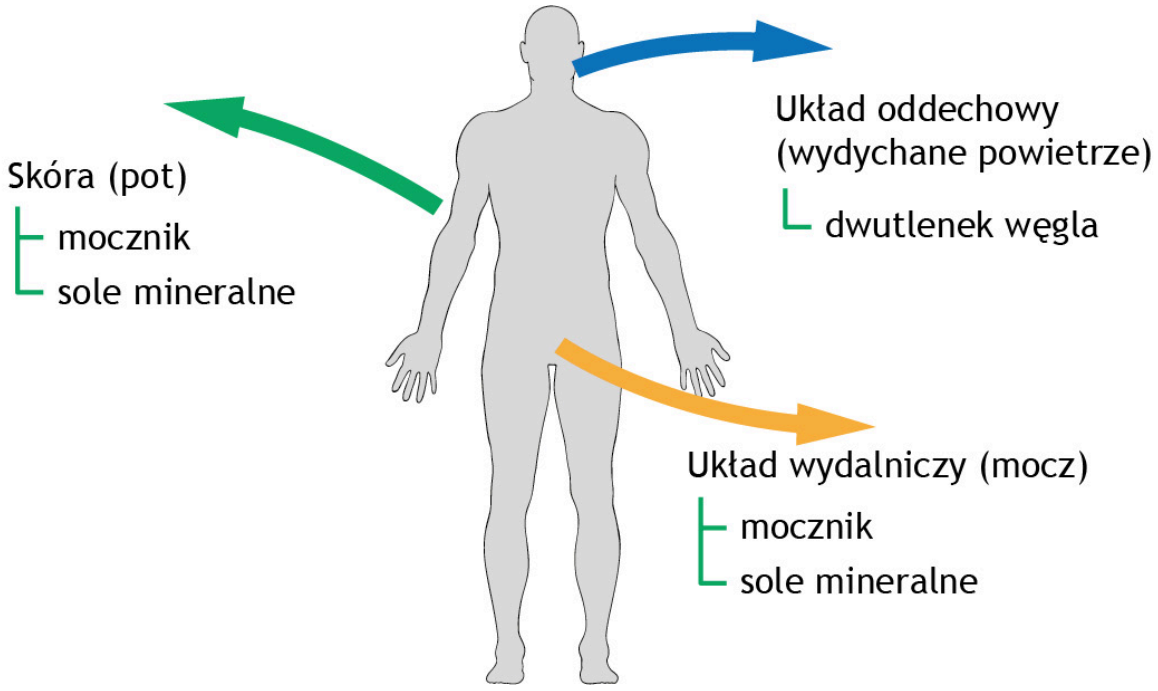
Mocznik dobrze rozpuszcza się w wodzie, dlatego mocz ostateczny jest silnie zagęszczonym, wodnym roztworem tej substancji. W moczu ostatecznym znajdują się także niewielkie ilości soli mineralnych i pozostają przyjmowane leki (np. antybiotyki).

Cały czas do nerek trafia aż 20% krwi płynącej w dużym obiegu. W ciągu jednej doby powstaje około 160-180 dm^3 moczu pierwotnego, ale wydalamy tylko 1-1,5 dm^3 moczu ostatecznego, nie tracąc przy tym ważnych substancji chemicznych. Nerki pracują bez przerwy. Oddawanie moczu jest procesem świadomym.



2.2. Nerki a homeostaza

Drugim zadaniem układu wydalniczego jest utrzymanie homeostazy. **Homeostaza** jest stanem równowagi, w którym organizm funkcjonuje prawidłowo. Na homeostazę składa się między innymi odpowiednie stężenie różnych substancji we wszystkich płynach ustrojowych. W zależności od potrzeb nerki pozwalają oszczędzać zapas takich substancji (kiedy jest ich za mało) lub usuwają je (jeśli występują w nadmiarze).



Drogi wydalania zbędnych i szkodliwych produktów przemiany materii

Uwaga: Wszystkimi trzema drogami człowiek traci też wodę. Jednak proces ten trudno nazwać wydalaniem.

Ciekawe!

Układ wydalniczy człowieka jest tak sprawny, że przeciętnej, zdrowej osobie wystarczyłaby jedna nerka. Dzięki temu niektórzy ludzie mogą pomóc innym, oddając jedną nerkę do przeszczepu. Niedawno pewien znany polski sportowiec w ten sposób uratował życie swojej córki.

2.3. Podsumowanie

1. W nefronach powstaje mocz. Tworzenie moczu związane jest głównie z procesami filtracji i wchłaniania zwrotnego.

2. Filtracja zachodzi w ciałkach nerkowych (z kłębuszka naczyniowego do torebki nefronu). W wyniku filtracji powstaje mocz pierwotny. Oprócz mocznika zawiera on duże ilości użytecznych substancji: wody, aminokwasów, glukozy i soli mineralnych.

3. W procesie wchłaniania zwrotnego, substancje te wracają z kanalików nerkowych do krwi. W ten sposób powstaje mocz ostateczny, który spływa kanalikami nerkowymi do miedniczek nerkowych, moczowodów i pęcherza moczowego. Z niego, poprzez cewkę moczową, mocz wydalany jest na zewnątrz.

4. Pracą układu wydalniczego steruje układ nerwowy i hormonalny (przysadka mózgowa).

3. Wybrane problemy medyczne

3.1. Choroby układu wydalniczego

Zakłócenie pracy układu wydalniczego, na przykład **niewydolność nerek**, szybko doprowadziłoby do zatrucia organizmu. Należy więc dbać o higienę układu wydalniczego.

Do chorób układu wydalniczego należą między innymi: kłębuszkowe zapalenie nerek, zapalenie pęcherza moczowego i kamica nerkowa. Przyczyną **kłębuszkowego zapalenia nerek** są bakterie lub substancje silnie trujące. Osoba chora oddaje zbyt mało moczu. **Zapalenie pęcherza moczowego** powodują bakterie. **Kamica nerkowa** jest skutkiem wieloletnich zaniedbań: przyjmowania zbyt małej ilości płynów lub przetrzymywania moczu. Nazwa „kamica" pochodzi od kamieni nerkowych – bryłek soli mineralnych powstających w nerkach lub w pęcherzu moczowym, blokujących przepływ moczu, co wywołuje bardzo silny ból.

U niektórych osób choroba powoduje, że nerki są niewydolne. Ratunkiem jest **dializa krwi**, czyli sztuczne oczyszczanie krwi ze szkodliwych produktów przemiany materii. Do tego celu wykorzystuje się specjalne urządzenia medyczne – **dializatory** (sztuczne nerki). Niestety, dializę trzeba często i regularnie powtarzać. Ponadto każda dializa trwa kilka godzin.

Dializator - urządzenie zastępujące pracę nerek

Podstawowe zasady higieny układu wydalniczego:

- mycie – unikanie zakażeń bakteryjnych
- odpowiedni ubiór – nerki są bardzo wrażliwe na wychłodzenie
- opróżnianie pęcherza moczowego – łatwo namnażają się w nim bakterie chorobotwórcze
- ograniczenie spożywania soli spożywczej – jej nadmiar utrudnia zwrotne wchłanianie wody i prowadzi do zaburzenia bilansu wodnego i nadciśnienia tętniczego
- przyjmowanie odpowiedniej ilości płynów – zbyt mała powoduje powstawanie silnie stężonego moczu i uszkodzenie nerek

Dziedzina medycyny zajmująca się schorzeniami układu wydalniczego to **urologia**. Lekarze specjaliści to **urolodzy**.

Ciekawe!

Kreatynina jest substancją organiczną występującą w krwi i moczu. Stanowi produkt metabolizmu wydalany z organizmu przez nerki (oprócz mocznika jest jednym z głównych związków azotowych). Ilość wydalanej w ciągu doby kreatyniny (klirens kreatyniny) pozwala lekarzom ocenić stan nerek.

3.2. Podsumowanie

1. Choroby nerek prowadzą do zmiany składu moczu ostatecznego, a w skrajnych przypadkach do zatrucia organizmu toksycznym mocznikiem. W ostrej niewydolności nerek stosuje się dializę albo dokonuje się przeszczepu nerki.

2. Dbałość o higienę układu wydalniczego jest istotnym elementem zdrowego stylu życia.

4. Panel kontrolny Rozdziału XIV

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XIV (na www.terazwiedza.pl).

4.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Budowa układu wydalniczego

1. Wymień narządy układu wydalniczego.
2. Zaprojektuj graf ilustrujący ogólną budowę układu wydalniczego.
3. Wymień główne funkcje poszczególnych narządów układu wydalniczego.
4. Wymień narządy wspomagające funkcje wydalnicze nerek oraz podaj nazwy substancji, które są przez te narządy wydalane.

Polecenia do lekcji 2. Praca układu wydalniczego

1. Wytłumacz, dlaczego nefron jest podstawową jednostką czynnościową układu wydalniczego.
2. Wyjaśnij, w jaki sposób budowa nefronu przyczynia się do powstawania moczu pierwotnego i ostatecznego.
3. Opracuj możliwie prosty schemat graficzny ilustrujący etapy powstawania moczu.
4. Porównując ilość i skład moczu pierwotnego oraz ostatecznego, wyjaśnij mechanizm wchłaniania zwrotnego.
5. Wyjaśnij na przykładach, czym jest homeostaza.

Polecenia do lekcji 3. Wybrane problemy medyczne układu wydalniczego

1. Znajdź, na przykład w Internecie, informacje, które pozwolą ci zweryfikować następującą hipotezę: Dieta zawierająca zbyt dużo soli spożywczej niekorzystnie wpływa na funkcjonowanie układu wydalniczego.
2. Wymień przykłady zachowań prowadzących do zaburzeń funkcjonowania układu wydalniczego.
3. Wyjaśnij, na czym polega dializa i w jakich wypadkach konieczne jest

jej stosowanie.

4.2. Ważne pojęcia

• nerki • drogi moczowe: moczowody, pęcherz moczowy, cewka moczowa • miedniczka nerkowa • nefron • kanalik nerkowy • homeostaza • filtracja • wchłanianie zwrotne • mocz pierwotny • mocz ostateczny • zapalenie nerek • zapalenie pęcherza moczowego • kamica nerkowa • dializa krwi (dializator, sztuczna nerka) • urolog

XV. Układ hormonalny człowieka

1. Budowa układu hormonalnego

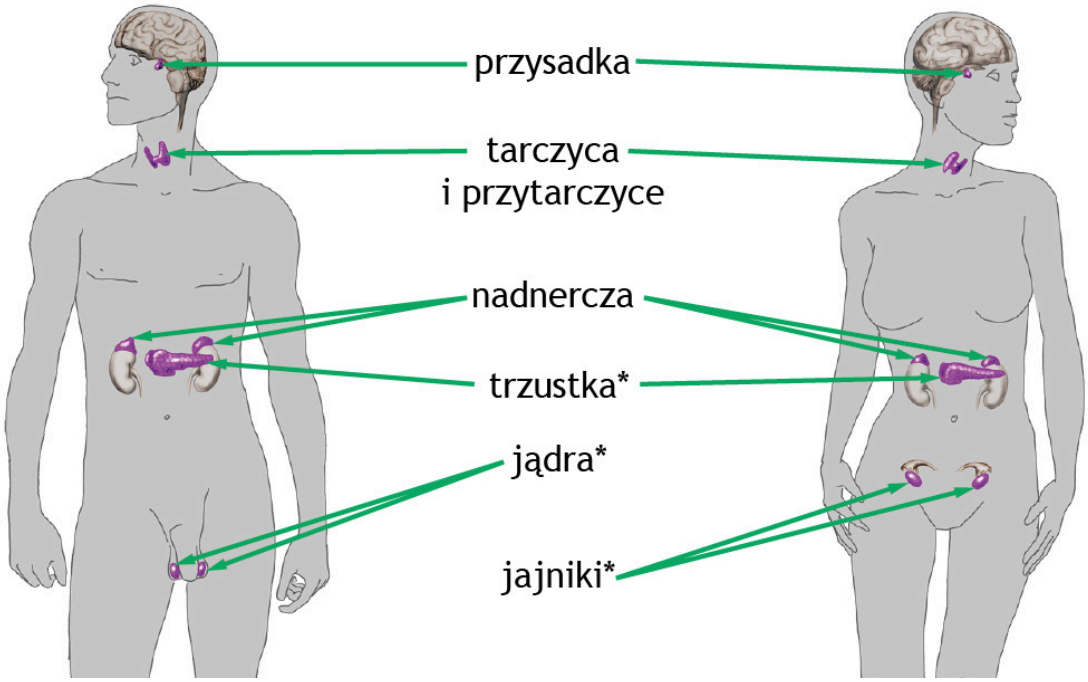
1.1. Organizacja układu

Układ hormonalny tworzą różne gruczoły. Nie są one ze sobą połączone i mają odmienną budowę, jednak ich wspólną cechą jest wytwarzanie i wydzielanie hormonów. Hormony są cząsteczkami organicznymi, które regulują pracę różnych narządów. Układ hormonalny nazywany jest inaczej **układem dokrewnym** (endokrynowym, wewnątrzwydzielniczym), ponieważ hormony wydzielane są bezpośrednio do krwi.

Z układem hormonalnym ściśle współpracuje układ krwionośny, który transportuje hormony.

Hormony są produkowane i wydzielane przez gruczoły dokrewne oraz gruczoły mieszane. **Gruczoły dokrewne** są gruczołami wydzielania wewnętrznego – nie mają przewodów wyprowadzających wydzielinę. Gruczołami dokrewnymi są: przysadka, tarczyca, przytarczyce, grasica i nadnercza. Trzustka, jajniki oraz jądra są **gruczołami mieszanymi** (jednocześnie pełnią funkcje gruczołów wydzielania zewnętrznego i wewnętrznego). Na przykład trzustka wydziela enzymy trawienne, które odpowiednim przewodem dostają się do dwunastnicy. Jednocześnie niektóre komórki miąższu trzustki wydzielają hormony bezpośrednio do krwi.

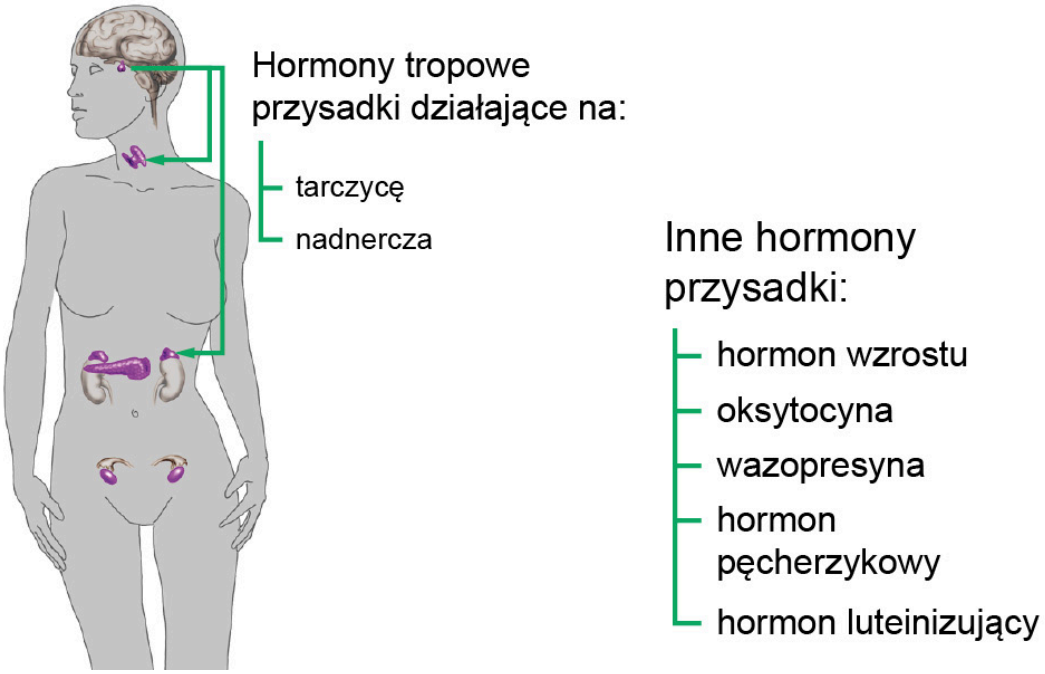
Gruczoły układu hormonalnego nie są ze sobą powiązane anatomicznie. Funkcję scalającą ich działanie pełni układ krwionośny.



Układ dokrewny mężczyzny i kobiety nieco się różni (*gruczoły mieszane)

1.2. Wybrane gruczoły dokrewne

Układ hormonalny jest doskonale zorganizowany. Nadrzędną funkcję spełnia w nim **przysadka mózgowa**, która wydziela liczne hormony. Część nich to **hormony tropowe**, czyli takie, które regulują pracę innych gruczołów dokrewnych, na przykład tarczycy, nadnerczy oraz gruczołów płciowych.



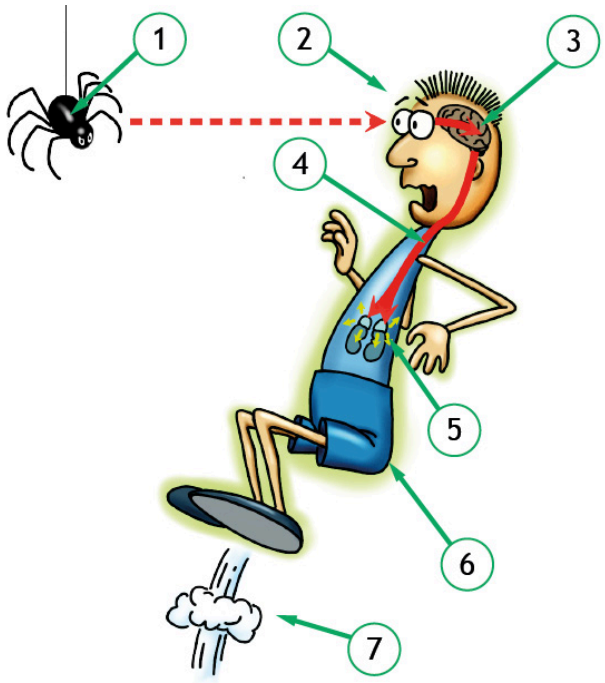
W układzie dokrewnym przysadka jest „generałem”

Przysadka wydziela między innymi hormon wzrostu, oksytocynę, wazopresynę, hormon pęcherzykowy i hormon luteinizujący. **Hormon wzrostu** powoduje wzrost organizmu (największe wydzielanie tego hormonu następuje w czasie tzw. skoku pokwitaniowego). **Oksytocyna** wydzielana jest podczas porodu (wywołuje skurcze porodowe mięśni macicy) i w czasie karmienia (pobudza wydzielanie mleka). **Wazopresyna** działa na nerki (powoduje zagęszczanie moczu). Hormon pęcherzykowy i luteinizujący regulują cykl menstruacyjny.

Tarczyca wydziela między innymi **tyroksynę** – hormon zwiększający tempo przemiany materii (pod wpływem tyroksyny komórki przyspieszają spalanie cukrów i tłuszczów). **Przytarczyce** są niewielkimi gruczołami położonymi blisko tarczycy. Wydzielają **parathormon** – hormon regulujący poziom wapnia w organizmie. **Grasica** wydziela między innymi **tymozynę** – hormon wpływający na dojrzewanie limfocytów T. Tymozyna zwiększa więc poziom odporności organizmu człowieka. Po zakończeniu okresu dojrzewania grasica stopniowo zmniejsza się i przestaje wydzielać hormony.

Nadnercza przylegają do górnej powierzchni nerek. W budowie wewnętrznej tych gruczołów wyróżniamy: warstwę korową (korę

nadnerczy) oraz warstwę rdzeniową (rdzeń nadnerczy). Kora nadnerczy wydziela między innymi **kortyzol** – hormon, który wpływa na gospodarkę wodno-mineralną naszego organizmu oraz przemiany cukrów i białek. Rdzeń nadnerczy wydziela **adrenalinę** nazywaną hormonem walki i ucieczki, ponieważ szybko mobilizuje organizm do dużego wysiłku fizycznego. Adrenalina wydzielana jest na drodze odruchowej w warunkach stresu.



Sytuacja stresowa - odruchowa mobilizacja organizmu:

1. Nagle pojawia się czynnik stresujący (pająk).

2 i 3. Nasz układ nerwowy odbiera bodziec i ocenia go jako potencjalne zagrożenie.

4. Następuje odruchowe pobudzenie rdzenia nadnerczy.

5. Rdzeń nadnerczy uwalnia adrenalinę do krwi.

6. Następuje ogólna mobilizacja organizmu i działanie (7).

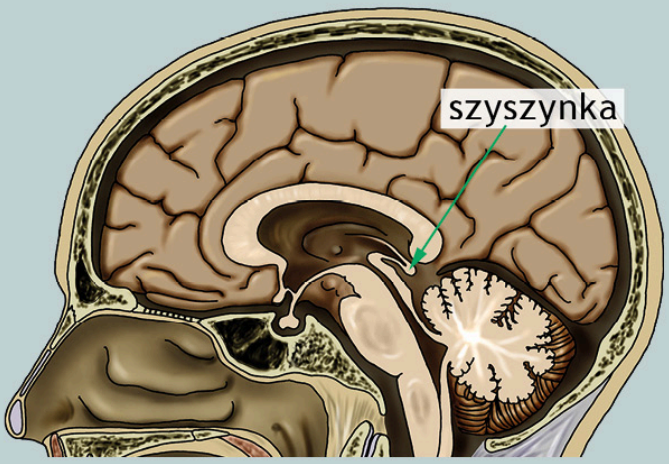
Trzustka wydziela **insulinę** oraz **glukagon**. Hormony te regulują poziom glukozy we krwi.

Jądra wytwarzają męski hormon – **testosteron**. Hormon ten powoduje wykształcenie się męskich cech płciowych i pobudza wytwarzanie plemników. **Jajniki** wytwarzają żeńskie hormony: **estrogeny** oraz **progesteron**. Hormony te powodują wykształcenie się żeńskich cech płciowych, mają także istotny udział w cyklu miesiączkowym i rozwoju

ciąży.

Żeńskie hormony płciowe wydzielane są od osiągnięcia dojrzałości płciowej do okresu menopauzy, męskie – do późnego wieku.

Niewielką część mózgowia człowieka stanowi **szyszynka**, która produkuje **melatoninę** – hormon wpływający na rytm dobowy człowieka. Jej poziom jest zależny od natężenia światła (wzrasta w nocy, w dzień spada). Zaburzenia w produkcji tego hormonu prowadzą m.in. do kłopotów ze snem.



1.3. Podsumowanie

1. Układ hormonalny (wraz z układem nerwowym) koordynuje i reguluje czynności życiowe organizmu człowieka. Regulacja hormonalna polega na przekazywaniu do komórek docelowych sygnałów chemicznych w formie hormonów. Hormony są związkami organicznymi wydzielanymi w małych ilościach przez gruczoły dokrewne oraz komórki gruczołowe rozmieszczone w innych narządach.

2. Gruczoły wydzielania wewnętrznego nie są ze sobą powiązane anatomicznie. Ich działanie scala układ krwionośny. Do najważniejszych gruczołów dokrewnych należą: przysadka mózgowa (część układu nerwowego), tarczyca, przytarczyce, grasica, nadnercza, a także gruczoły pełniące funkcje zewnątrzwydzielnicze: trzustka, jądra i jajniki.

3. Gruczoły dokrewne nie mają przewodów wyprowadzających (jak gruczoły wydzielania zewnętrznego) i swoją wydzielinę kierują bezpośrednio do krwi, stąd ich nazwa – gruczoły dokrewne (wewnątrzwydzielnicze).

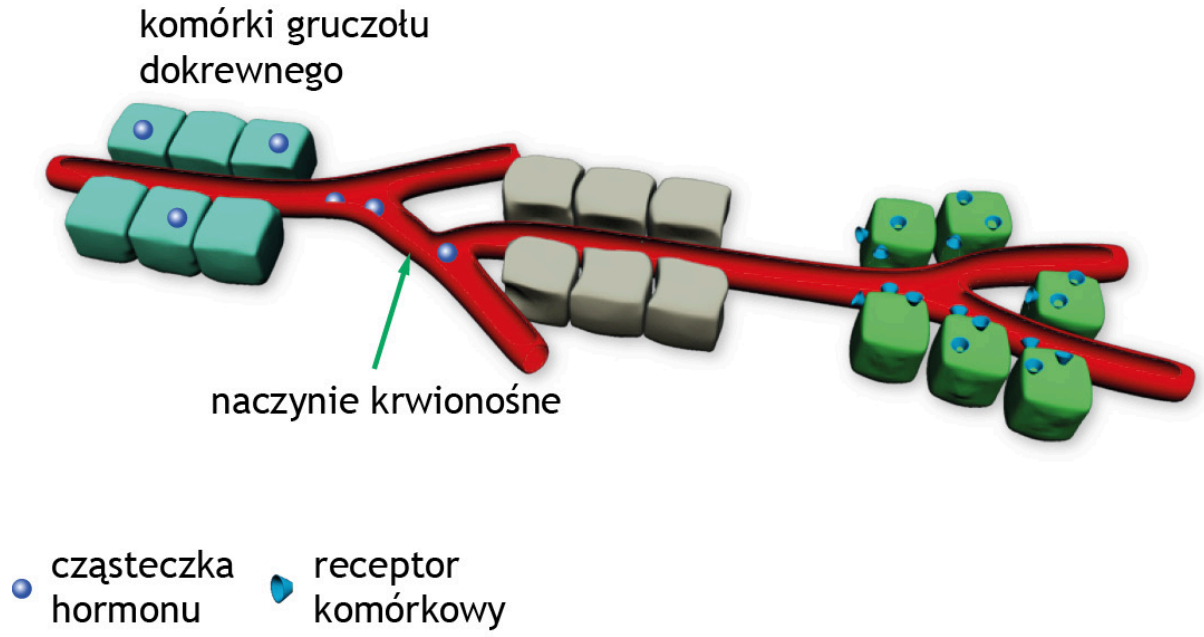
4. Gruczołem nadrzędnym wobec pozostałych jest przysadka mózgowa.

Oprócz hormonów tropowych przysadka wydziela hormon wzrostu. Hormony tarczycy, między innymi tyroksyna, wpływają na przemianę materii. Grasica, wydzielająca tymozynę, reguluje produkcję limfocytów, zwiększając odporność organizmu. Szyszynka wytwarza melatoninę regulującą cykl dobowy organizmu. Hormony gonad (jajniki – estrogeny, jądra – testosteron) stymulują rozwój cech płciowych i popęd seksualny. Jajniki wydzielają również hormony regulujące cykl miesiączkowy i rozwój ciąży.

2. Hormonalna kontrola procesów życiowych

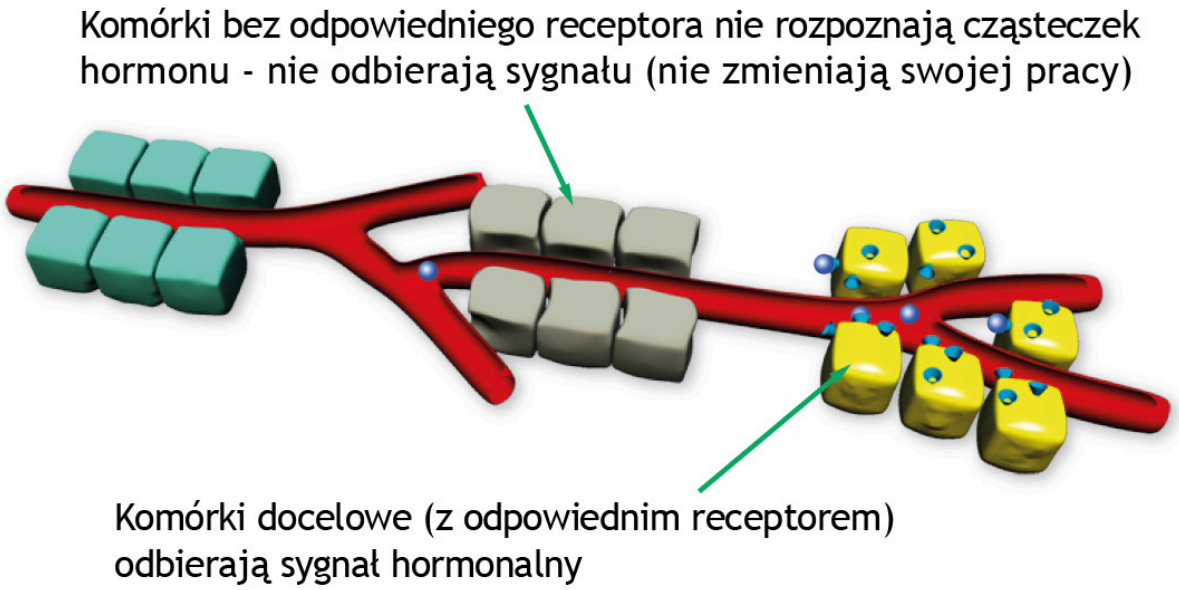
2.1. Działanie hormonów

Hormony pełnią funkcję **przekaźników chemicznych**, za pomocą których jedne komórki sterują pracą innych. Cząsteczki hormonu można porównać do posłańców dostarczających określoną informację z jednych miejsc do innych. Podobnie działają cząsteczki hormonu – krążą we krwi i wraz z nią docierają do każdego zakątka organizmu człowieka.



Wydzielanie cząsteczek hormonu do krwi

Informację odbierają jednak tylko te komórki, które mają odpowiedni **receptor**. Receptor hormonu jest specjalnym białkiem, które umożliwia komórce rozpoznanie i wychwycenie cząsteczki konkretnego przekaźnika. Pod jego wpływem tylko komórki narządu docelowego zmieniają swoją pracę, a zatem hormony działają w sposób wybiórczy.

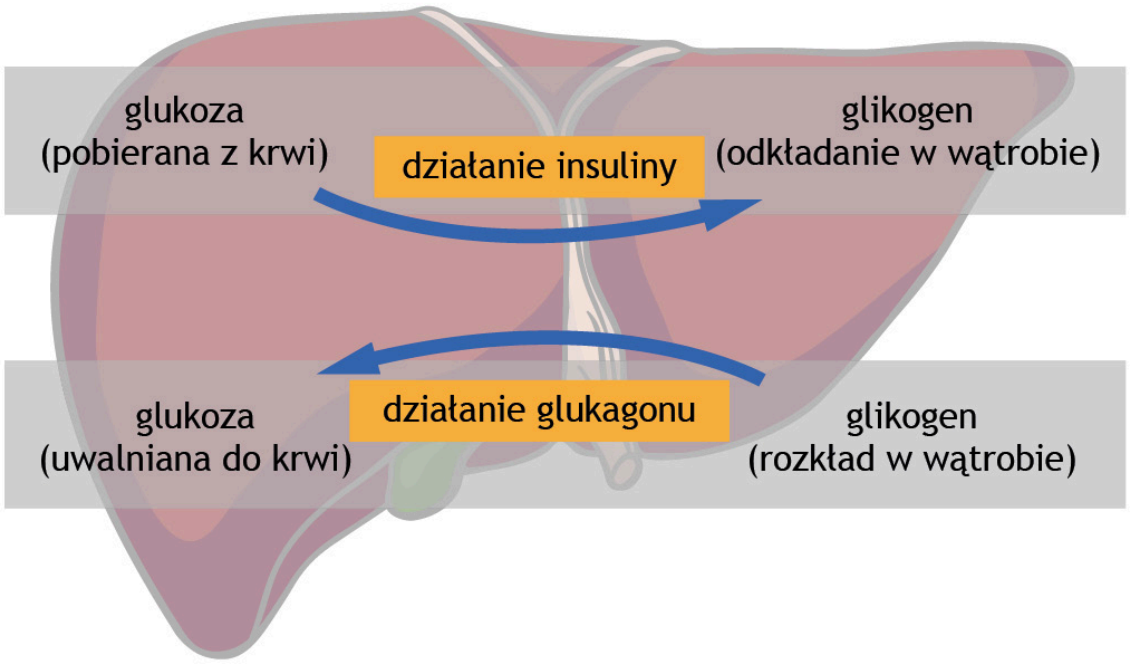

Komórki bez odpowiedniego receptora nie rozpoznają cząsteczek hormonu - nie odbierają sygnału (nie zmieniają swojej pracy)
Komórki docelowe (z odpowiednim receptorem) odbierają sygnał hormonalny

Odbiór sygnału hormonalnego i reakcja

Stężenie hormonów we krwi jest bardzo niskie, ale nawet ta mała ilość jest wystarczająca (skutki działania są bardzo silne). Dany hormon produkowany jest przez jeden gruczoł dokrewny, ale może działać na procesy zachodzące w różnych narządach. Dodajmy też, że na jeden narząd może oddziaływać kilka różnych hormonów.

2.2. Hormony działające antagonistycznie

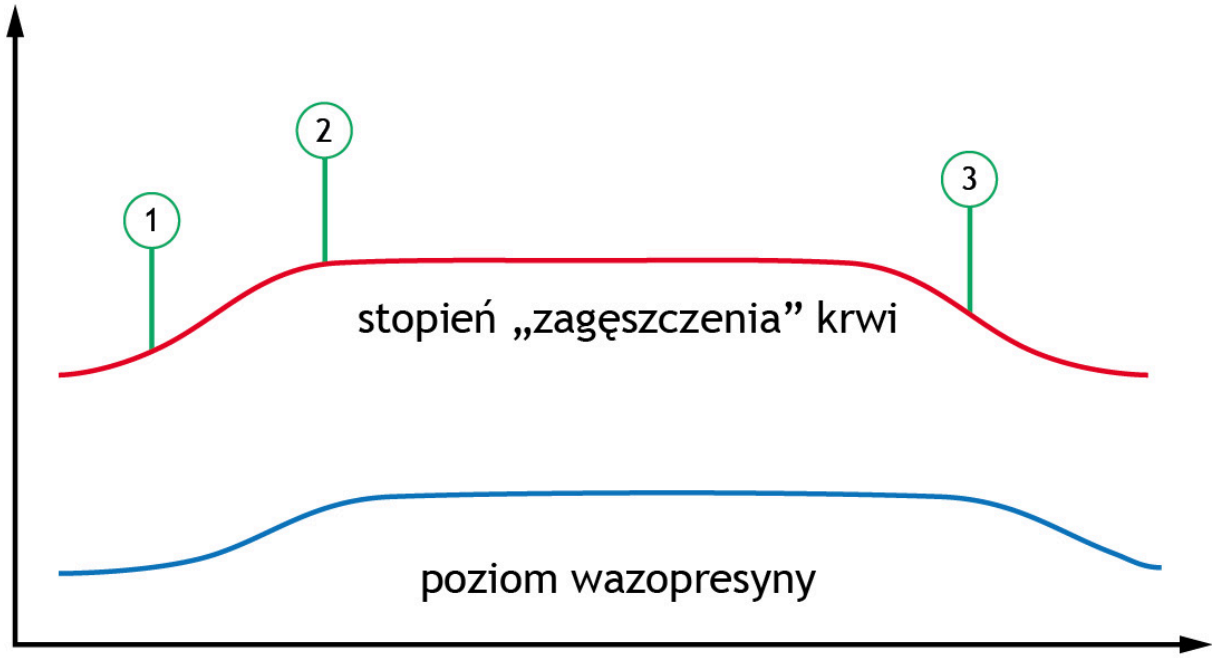
Niektóre hormony wywołują w narządzie docelowym efekt zupełnie odwrotny. O takich hormonach mówimy, że działają **antagonistycznie** (na zasadzie przeciwieństwa). Przykładem są hormony trzustki: **insulina** i **glukagon**. Insulinę i glukagon produkują specjalne komórki skupione w tak zwanych wysepkach trzustkowych. Insulina powoduje, że komórki wątroby intensywnie wchłaniają z krwi glukozę i wytwarzają z niej glikogen. Glukagon natomiast sprawia, że komórki wątroby rozkładają zgromadzony glikogen i uwalniają glukozę do krwi. Organizm człowieka, sterując poziomem insuliny i glukagonu, może precyzyjnie kontrolować stężenie glukozy we krwi. Jeśli jest jej dużo (np. po obfitym posiłku), trzustka wydziela insulinę. Gdy ilość glukozy we krwi zbytnio się zmniejszy (w okresie między posiłkami), trzustka wydziela glukagon.



Insulina i glukagon są hormonami „antagonistycznymi" (insulina „wycofuje" glukozę z krwi, glukagon działa odwrotnie)

2.3. Hormony a homeostaza

Układ dokrewny człowieka odgrywa bardzo ważną rolę w utrzymaniu **homeostazy**. Na przykład jeśli w dłuższym okresie średnia temperatura otoczenia wyraźnie spadnie, wzrośnie aktywność tarczycy i wydzielanie hormonu – tyroksyny. Wzrost stężenia tyroksyny przyspieszy tempo przemian metabolicznych oraz wytwarzanie ciepła. Z kolei zmieniając poziom wydzielania wazopresyny, organizm reguluje ilość wody w płynach ciała. Hormony trzustki utrzymują odpowiednie stężenie glukozy we krwi.



Wpływ wazopresyny na ilość wody we krwi:

1 - krew ulega zagęszczeniu, ponieważ przyjmujemy mało płynów,

2 - krew przestaje „gęstnieć”, ponieważ wazopresyna powoduje, że nerki tracą mniej wody, a więc„zagęszczają mocz”,

3 - krew ulega „rozcieńczeniu”, po zaspokojeniu pragnienia. Spada też poziom wazopresyny.

2.4. Podsumowanie

1. Z krwią hormony docierają do wszystkich komórek ciała, ale reagują na nie tylko komórki mające swoiste receptory. W komórkach docelowych hormony wywołują właściwy efekt metaboliczny.

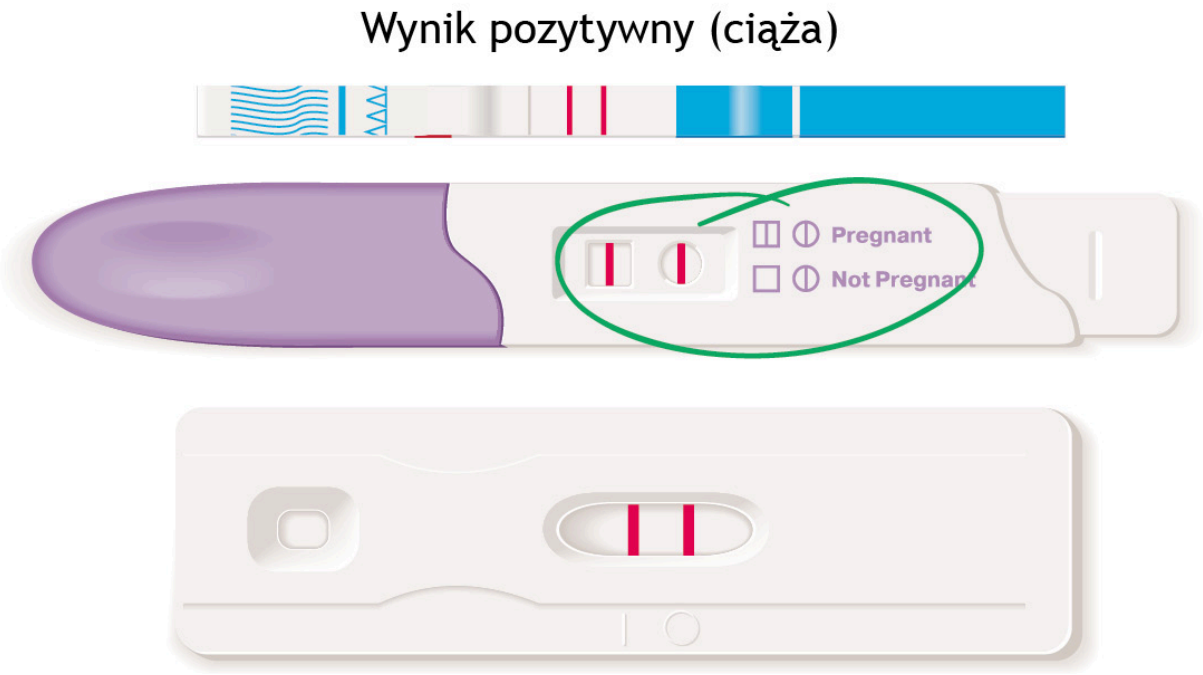
2. Regulujący wpływ części hormonów polega na działaniu antagonistycznym. W taki sposób hormony trzustki działające na wątrobę regulują poziom glukozy we krwi: insulina obniża jej poziom, natomiast glukagon wywołuje skutek odwrotny.

3. Większość hormonów działa powoli. Wyjątkiem jest adrenalina (hormon nadnerczy), która w sytuacjach stresowych mobilizuje rezerwy energetyczne organizmu, pobudzając pracę narządów (serca, płuc, mięśni) koniecznych do szybkiego reagowania.

3. Wybrane problemy medyczne

3.1. Nadczynność i niedoczynność w pracy układu hormonalnego

Gruczoły dokrewne wydzielają tylko taką ilość hormonów, jaką w danym momencie organizm potrzebuje do prawidłowego funkcjonowania. To stan bardzo delikatnej równowagi hormonalnej. Zaburzenia pracy układu hormonalnego mają zatem bardzo poważny wpływ na zdrowie każdego człowieka. Dotyczy to zarówno **nadczynności**, jak i **niedoczynności** gruczołów dokrewnych.



Zmiana poziomu jednego z hormonów wykorzystywana jest w testach ciążowych

Niewłaściwa praca przysadki powoduje różne schorzenia. Nadczynność prowadzi do **gigantyzmu** (nadmiernego wzrostu), niedoczynność natomiast skutkuje **karłowatością** (bardzo niskim wzrostem).

Efektem silnej nadczynności tarczycy jest wykształcenie wola, nadpobudliwość, a nawet tak zwany wytrzeszcz oczu. Znaczna niedoczynność tarczycy prowadzi do opóźnienia rozwoju umysłowego. Niedoczynność przytarczyc wywołuje **tężyczkę** (zbyt dużą kurczliwość mięśni szkieletowych) i zmniejsza krzepliwość krwi. Nadczynność natomiast może prowadzić do odwapnienia kości (przez co stają się bardziej

łamliwe).

Wrodzona niedoczynność trzustki prowadzi do powstania **cukrzycy typu I**. Zbyt małe wydzielanie insuliny powoduje, że w krwi chorego stale utrzymuje się zbyt wysoki poziom glukozy (średnio ponad 140 mg/dl krwi; 1 dl = 100 ml).

Glukometr umożliwia kontrolowanie poziomu glukozy we krwi

Działaniem hormonów, pracą gruczołów wydzielania wewnętrznego oraz ich zaburzeniami zajmuje się **endokrynologia**. Lekarze specjaliści to **endokrynolodzy**.

3.2. Podsumowanie

1. Zbyt wysoki lub zbyt niski poziom hormonów jest przyczyną poważnych zakłóceń w funkcjonowaniu organizmu człowieka.

4. Panel kontrolny Rozdziału XV

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XV (na www.terazwiedza.pl).

4.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Organizacja układu hormonalnego

1. Podaj przykłady gruczołów wydzielania wewnętrznego, zewnętrznego i mieszanych oraz wykaż różnice między nimi.

2. Wymień trzy gruczoły wydzielania wewnętrznego, przedstaw ich lokalizację i omów rolę w regulacji procesów życiowych.

3. Wyjaśnij biologiczną rolę hormonu wzrostu, tyroksyny, adrenaliny, testosteronu i estrogenów.

4. Wykaż powiązanie układu dokrewnego z układem krwionośnym i nerwowym.

Polecenia do lekcji 2. Praca układu hormonalnego

1. Wyjaśnij, w jaki sposób hormony rozpoznają komórkę docelową.

2. Wyjaśnij nadrzędną rolę przysadki mózgowej w funkcjonowaniu układu hormonalnego.

3. Zaprojektuj model graficzny obrazujący mechanizm sprzężenia zwrotnego w regulacji poziomu wybranych hormonów.

4. Wytłumacz mechanizm utrzymywania właściwego poziomu glukozy we krwi.

Polecenia do lekcji 3. Wybrane problemy medyczne układu hormonalnego

1. Wymień po dwa przykłady chorób związanych z niedoczynnością i nadczynnością gruczołów dokrewnych.

2. Wyjaśnij, dlaczego stosowanie środków hormonalnych (np. preparatów i leków sterydowych, tabletek antykoncepcyjnych) zawsze wymaga konsultacji z lekarzem.

3. Wyjaśnij, dlaczego warto walczyć ze stresem.

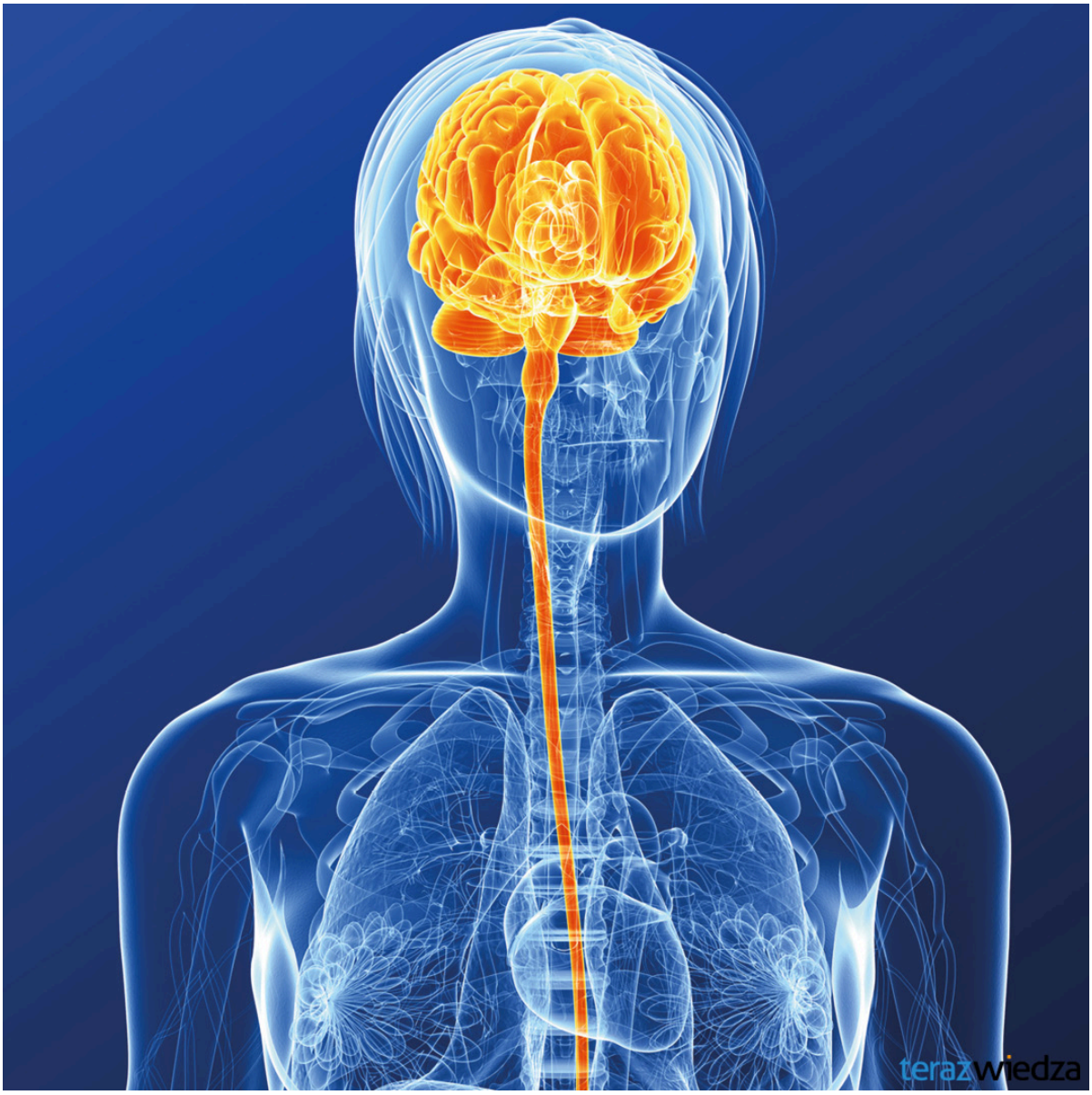
4. Często się zdarza, że osoby powracające do Polski po dłuższym

pobycie w tropikach odczuwają przejmujące zimno (nawet latem). Uczucie to po pewnym czasie ustępuje. Podaj prawdopodobne wyjaśnienie tego zjawiska.

4.2. Ważne pojęcia

• gruczoły dokrewne: przysadka mózgowa, tarczyca, przytarczyce, grasica, nadnercza • gruczoły mieszane: trzustka, jajniki, jądra • hormony • homeostaza • hormony tropowe przysadki • hormon wzrostu • wazopresyna • oksytocyna • parathormon • tyroksyna • kortyzol • adrenalina • hormony działające antagonistycznie (insulina – glukagon) • nadczynność i niedoczynność gruczołów dokrewnych • gigantyzm • karłowatość • wole tarczycy • tężyczka • cukrzyca • endokrynolog

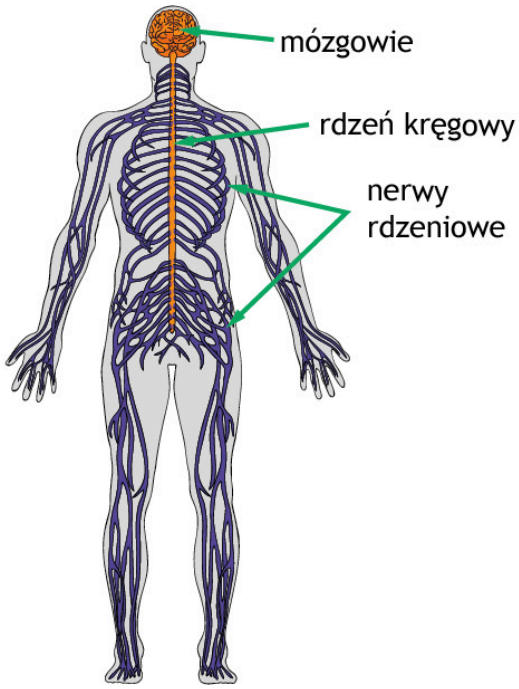
XVI. Układ nerwowy człowieka



1. Budowa układu nerwowego

1.1. Podział układu nerwowego

Układ nerwowy człowieka składa się z dwóch części. Pierwszą – **ośrodkowy układ nerwowy** – tworzy mózgowie i rdzeń kręgowy. Drugą – **obwodowy układ nerwowy** – stanowią nerwy czaszkowe i nerwy rdzeniowe.



Układ nerwowy
- ośrodkowy
  - mózgowie
  - rdzeń kręgowy
- obwodowy
  - nerwy czaszkowe
  - nerwy rdzeniowe

Układ nerwowy
- somatyczny
- autonomiczny

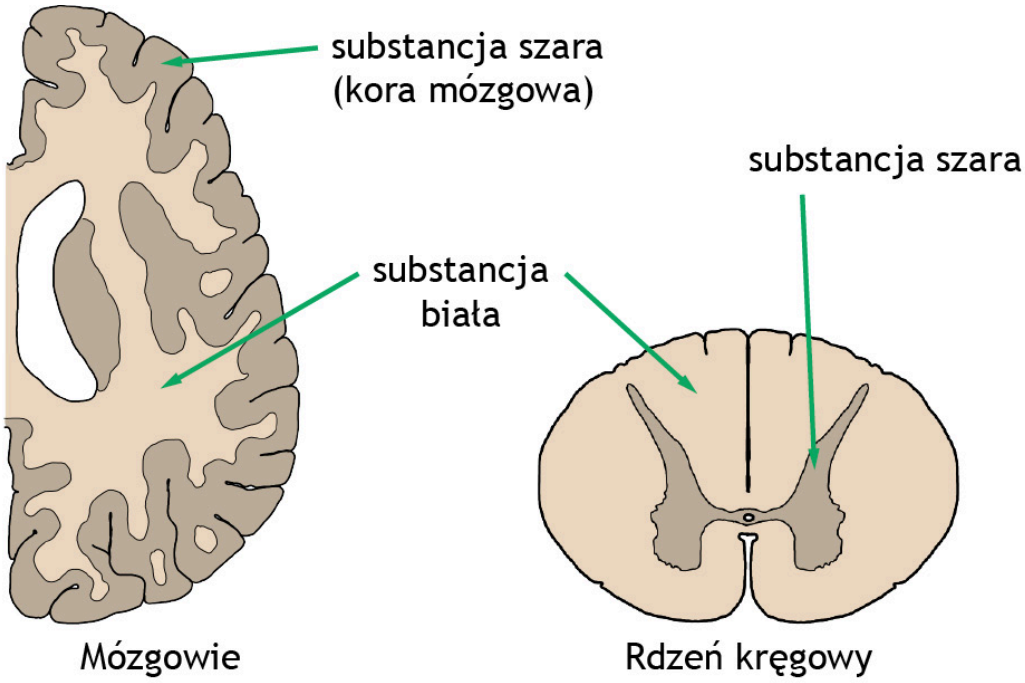
Układ nerwowy człowieka

Ośrodkowy układ nerwowy stanowi centrum przetwarzania informacji i „wydawania poleceń". **Nerwy** zaś można porównać do kabli, które w tym wypadku przesyłają impulsy nerwowe od receptorów do ośrodkowego układu nerwowego i z niego do efektorów (mięśni lub gruczołów).

Ze względu na sposób funkcjonowania układ nerwowy można podzielić na somatyczny i autonomiczny. **Somatyczny układ nerwowy** odbiera i analizuje informacje dochodzące ze środowiska zewnętrznego oraz steruje pracą mięśni szkieletowych. **Autonomiczny układ nerwowy** kieruje pracą narządów wewnętrznych oraz reguluje przemianę materii.

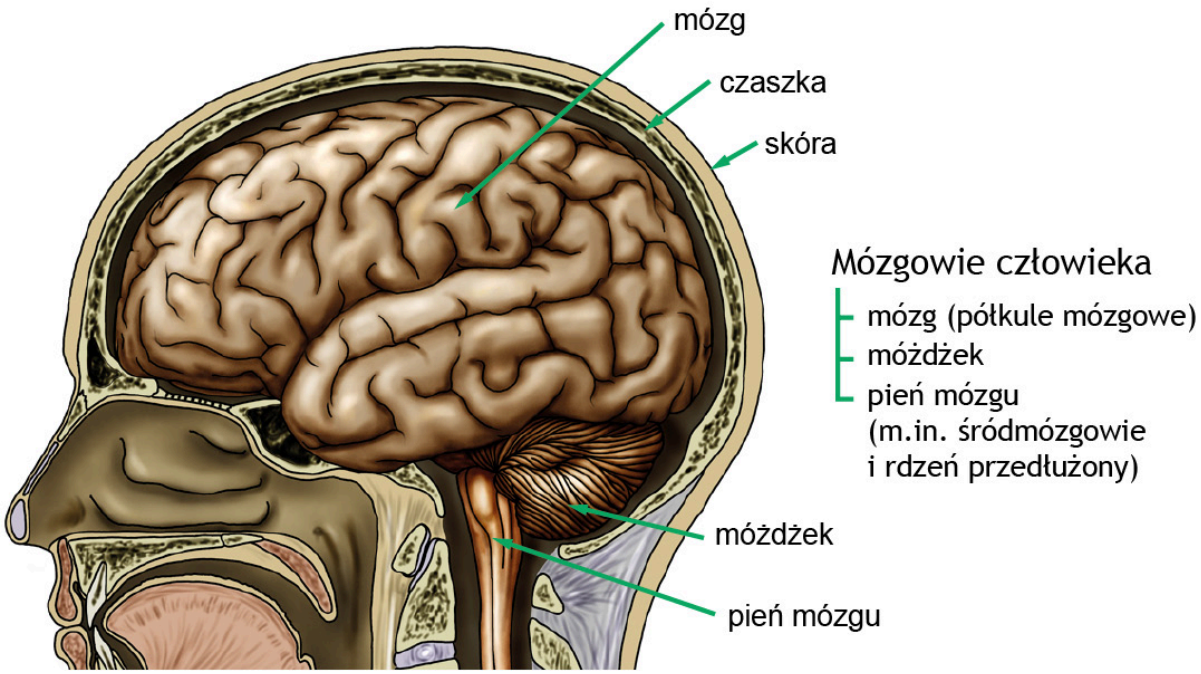
Układ nerwowy zbudowany jest przede wszystkim z komórek nerwowych – **neuronów**. Mniej jest **komórek glejowych**.

Ośrodkowy układ nerwowy składa się z substancji (istoty) szarej oraz z substancji białej. **Substancję szarą** tworzą skupienia ciał bardzo drobnych neuronów. Taką budowę ma między innymi kora mózgowa, ośrodki nerwowe pnia mózgu oraz centralna część rdzenia kręgowego. W istocie szarej następuje obróbka informacji docierającej z receptorów. **Substancję białą** tworzą aksony komórek nerwowych. Znajduje się ona pod korą mózgową i w zewnętrznej części rdzenia kręgowego. Aksony tworzące substancję białą przekazują informacje w obrębie ośrodkowego układu nerwowego (m.in. współtworzą drogi nerwowe łączące mózg z rdzeniem kręgowym).



1.2. Mózgowie człowieka

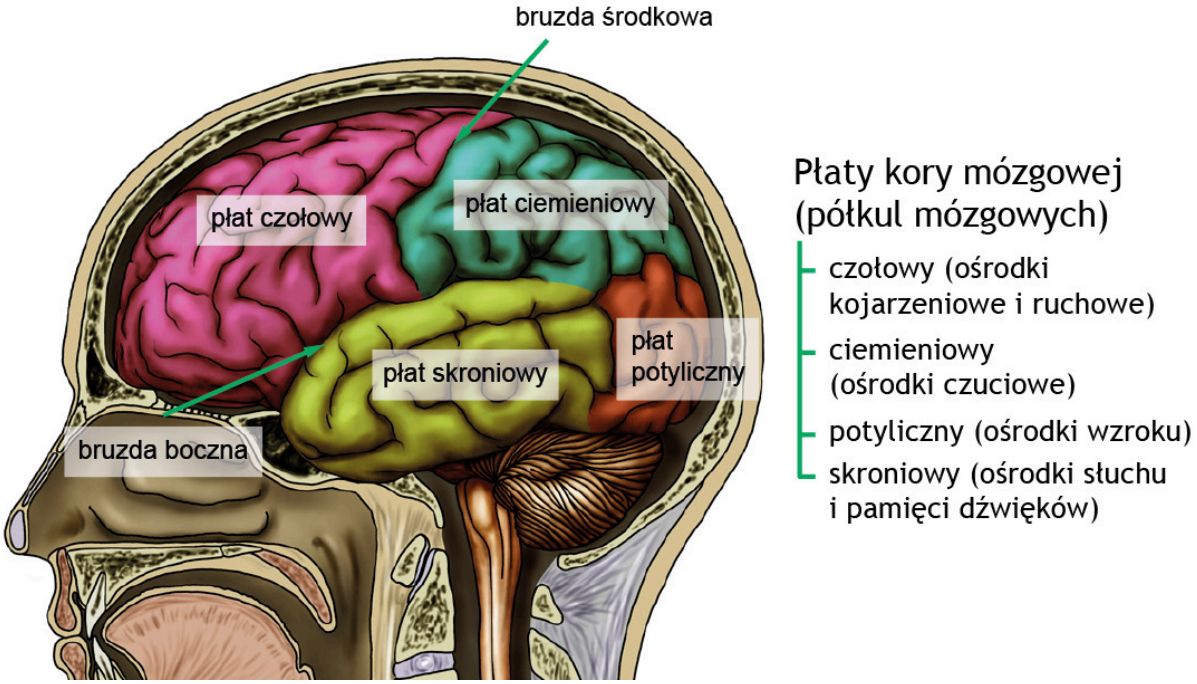
Mózgowie człowieka składa się z kilku części: kresomózgowia, międzymózgowia, śródmózgowia, móżdżku oraz rdzenia przedłużonego. W medycynie zwykle stosuje się nieco inny podział na: mózg (kresomózgowie i międzymózgowie), móżdżek oraz pień mózgu (pozostałe struktury mózgowia).



Mózgowie czlowieka jest najbardziej skomplikowaną strukturą naszego ciała

Największą częścią mózgowia jest **mózg**. Tworzą go dwie pofałdowane **półkule mózgowe** o dużej powierzchni. Półkule mózgu są ze sobą połączone siecią włókien nerwowych. Każdą półkulę pokrywa cienka, mierząca kilka milimetrów grubości **kora mózgu**. W niej znajdują się miliardy komórek nerwowych, które razem tworzą nadrzędny system kontroli organizmu.

Kora mózgu podzielona jest na **płaty**: czołowy, ciemieniowy, potyliczny i skroniowy. W **płacie czołowym** znajdują się ośrodki kojarzeniowe (myślenia) i ruchowe. W **płacie ciemieniowym** – ośrodki czuciowe odpowiedzialne m.in. za czucie dotyku i zmian temperatury, w **potylicznym** – ośrodki wzroku, a w **płatach skroniowych** – ośrodki słuchu, pamięci i rozumienia dźwięków.



Płaty kory mozgowej

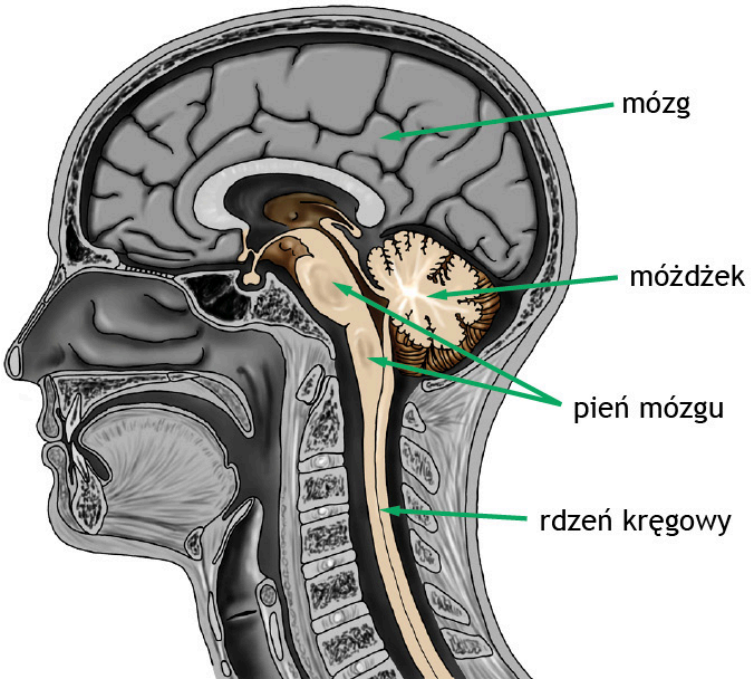
Badania fizjologów i psychologów wykazały, że półkule mózgowe mają swoje specjalizacje. Lewa odpowiada przede wszystkim za myślenie abstrakcyjne, logikę i rozumienie mowy. W prawej półkuli znajdują się ośrodki odpowiadające za orientację w przestrzeni, zdolności twórcze, odbieranie kolorów i rytmu oraz za uczucia i emocje. Każda z półkul mózgowych steruje przeciwległą stroną ciała (drogi nerwowe krzyżują się w rdzeniu przedłużonym).

Uwaga: nie oznacza to np. że myśląc logicznie wykorzystujemy tylko lewą półkulę itd. To pokutujący wciąż mit!

Móżdżek znajduje się w tylnej części mózgowia (od góry częściowo przysłaniają go półkule mózgowe). Zbudowany jest z dwóch niewielkich półkul. Znajdują się w nich ośrodki umożliwiające utrzymanie równowagi oraz koordynację złożonych ruchów dowolnych, na przykład jazdę na rowerze, pływanie czy bieganie. Móżdżek kontroluje też napięcie mięśni szkieletowych niezbędne do ich prawidłowej pracy.

Pień mózgu kieruje między innymi oddychaniem, pracą serca oraz kontroluje ciśnienie krwi i temperaturę ciała. **Ośrodki** pnia mózgu kierują też prostymi czynnościami odruchowymi, takimi jak połykanie, kaszel, wymioty czy ssanie. Wymienione czynności życiowe są niezależne od

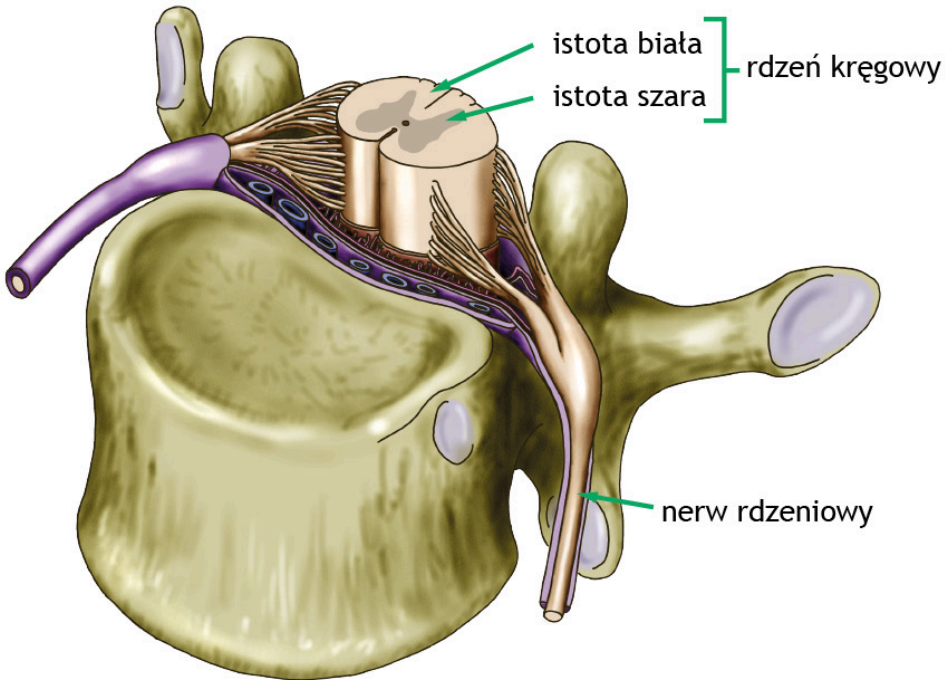
naszej woli. W pniu mózgu znajdują się też ważne **ośrodki motywacyjne**: głodu i sytości oraz agresji i ucieczki.



W układzie nerwowym człowieka można wyróżnić wiele elementów

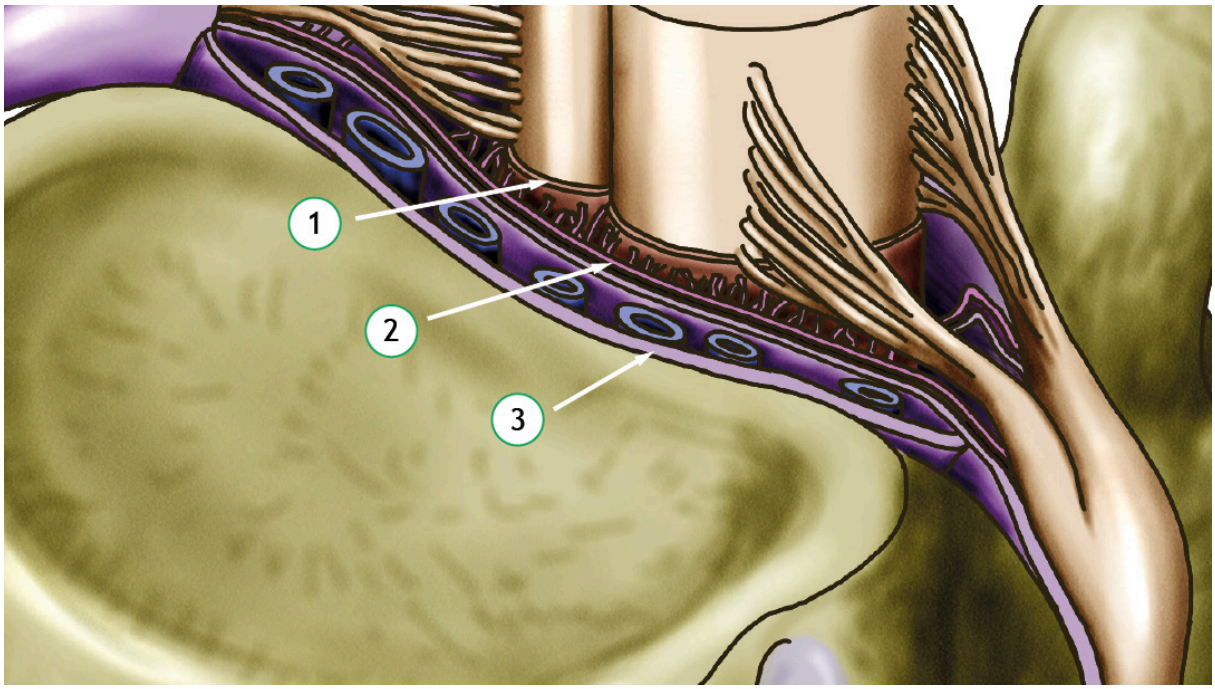
1.3. Rdzeń kręgowy

Rdzeń kręgowy biegnie w kanale kręgowym kręgosłupa i jest połączony z **rdzeniem przedłużonym**. Na przekroju poprzecznym przypomina nieco spłaszczony walec. Rdzeń kręgowy ma dwa główne zadania: przewodzi impulsy nerwowe z różnych części ciała do mózgowia i z powrotem oraz kieruje niektórymi prostymi czynnościami odruchowymi.



Budowa rdzenia kręgowego

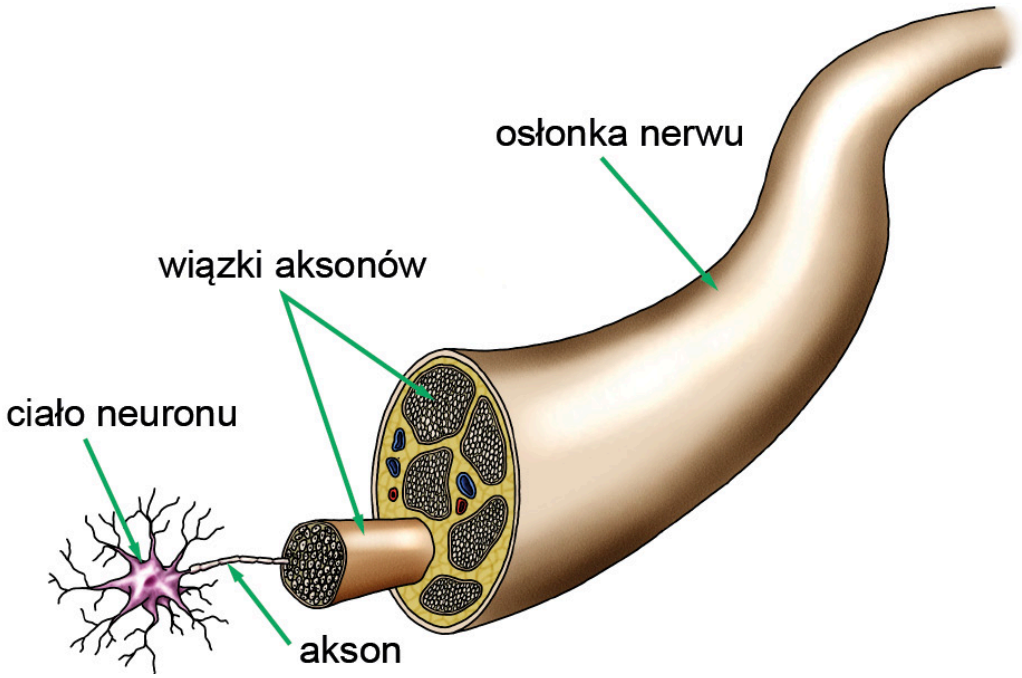
Mózgowie i rdzeń kręgowy chronione są przez czaszkę i kręgosłup. Dodatkową ochronę zapewniają **opony mózgowo-rdzeniowe**. Licząc od wewnątrz, są to: **opona miękka**, **pajęczynówka** oraz **opona twarda**. Ta pierwsza jest delikatna i zrasta się mózgowiem i rdzeniem kręgowym. Ta druga tworzy przestrzeń wypełnioną **płynem mózgowo-rdzeniowym**. Jednym z jego zadań jest ochrona ośrodkowego układu nerwowego przed nadmiernymi wstrząsami (płyn mózgowo-rdzeniowy jest swoistą „poduszką wodną"). Trzecia opona mózgowo-rdzeniowa - twarda jest gruba, włóknista i stanowi mechaniczną ochronę całości ośrodkowego układu nerwowego.



Opony mózgowo-rdzeniowe: 1 - opona miękka, 2 - opona pajęcza, 3 - opona twarda

1.4. Nerwy

Poza ośrodkowym układem nerwowym aksony zebrane w pęczki tworzą **nerwy**. Każdy nerw chroniony jest dodatkową, łącznotkankową osłonką. W jednym nerwie mogą się znajdować tysiące ciasno upakowanych aksonów. Zwykle w nerwie znajdują się zarówno aksony neuronów czuciowych (przewodzących impulsy z receptorów do ośrodkowego układu nerwowego), jak i aksony neuronów ruchowych (przewodzących impulsy z ośrodkowego układu nerwowego do narządów wykonawczych).



Budowa nerwu

Ze względu na miejsce gdzie się rozpoczynają nerwy podzielono na dwie grupy. Z mózgowia wychodzi 12 par **nerwów czaszkowych** (np. nerwy węchowe, wzrokowe), z rdzenia kręgowego – 31 par **nerwów rdzeniowych**. Nerwy są rozmieszczone symetrycznie po obu stronach ciała. Większość ma odgałęzienia zaopatrujące różne części ciała.

1.5. Podsumowanie

1. Układ nerwowy wraz z układem hormonalnym pełnią funkcję regulacyjną. Regulacja nerwowa polega na odbiorze (percepcji) i analizie bodźców oraz przekazywaniu poleceń do narządów wykonawczych (gruczołów i mięśni). Sygnały przesyłane są w postaci niewielkich impulsów elektrycznych (nerwowych).

2. Komórki nerwowe łączą się ze sobą przez synapsy. W synapsach impulsy „przenoszone są" przez specjalne substancje chemiczne (mediatory synaptyczne).

3. Ciała neuronów skupione są w mózgowiu i rdzeniu kręgowym (tworzą tam substancję szarą) oraz w zwojach nerwowych. Mózgowie wraz z rdzeniem kręgowym stanowią ośrodkowy układ nerwowy (OUN). Nerwy wychodzące z mózgowia (12 par nerwów czaszkowych) i rdzenia kręgowego (31 par nerwów rdzeniowych) oraz zwoje leżące poza OUN

tworzą obwodowy układ nerwowy. Nerwy są wiązkami długich wypustek neuronów (aksonów) otoczonych wspólną osłonką.

4. Delikatne mózgowie ochrania mózgoczaszka, opony mózgowo-rdzeniowe i płyn mózgowo-rdzeniowy. W mózgowiu człowieka wyróżnia się 5 współdziałających ze sobą struktur: kresomózgowie (tworzy półkule mózgowe), międzymózgowie, śródmózgowie, móżdżek i rdzeń przedłużony. Lekarze dzielą mózgowie na mózg, móżdżek i pień mózgu.

5. Półkule mózgowe pokrywa kora mózgowa, która odbiera i analizuje impulsy nerwowe z receptorów oraz przesyła impulsy do efektorów (mięśni i gruczołów). W półkulach mózgowych znajdują się najważniejsze ośrodki kojarzeniowe i ruchowe (w płatach czołowych), czuciowe (w płatach ciemieniowych), wzroku (w płatach potylicznych) oraz słuchu (w płatach skroniowych).

6. Móżdżek uczestniczy w koordynacji skurczów mięśni szkieletowych i utrzymaniu równowagi.

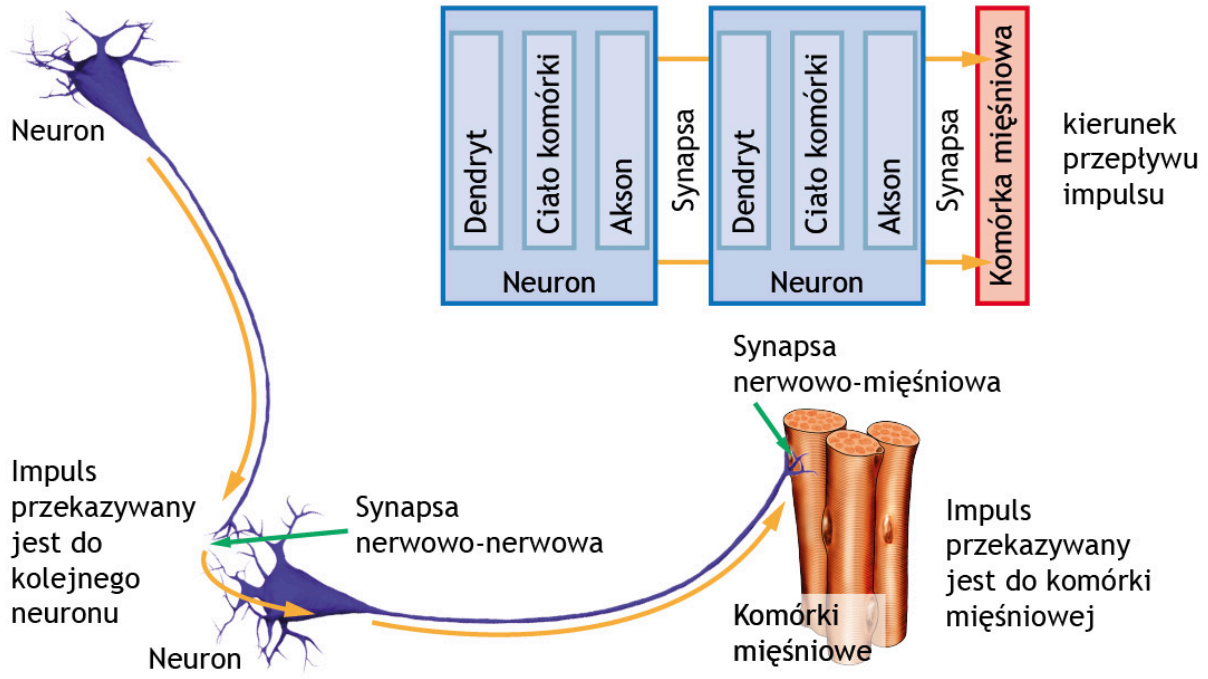
7. W pniu mózgu znajdują się ośrodki termoregulacyjne, głodu i sytości, a także kierujące takimi czynnościami, jak praca serca, oddychanie oraz odruchami bezwarunkowymi (np. połykania, ssania).

8. Rdzeń kręgowy leży w kanale kręgowym i, podobnie jak mózgowie, jest osłonięty oponami mózgowo-rdzeniowymi i płynem mózgowo-rdzeniowym. Część zewnętrzną rdzenia tworzy substancja biała (są to wypustki neuronów), wewnętrzną – substancja szara. Rdzeń kręgowy przewodzi impulsy nerwowe do mózgowia i z mózgowia oraz kieruje prostymi odruchami (np. kolanowym).

2. Czynności układu nerwowego

2.1. Synapsy

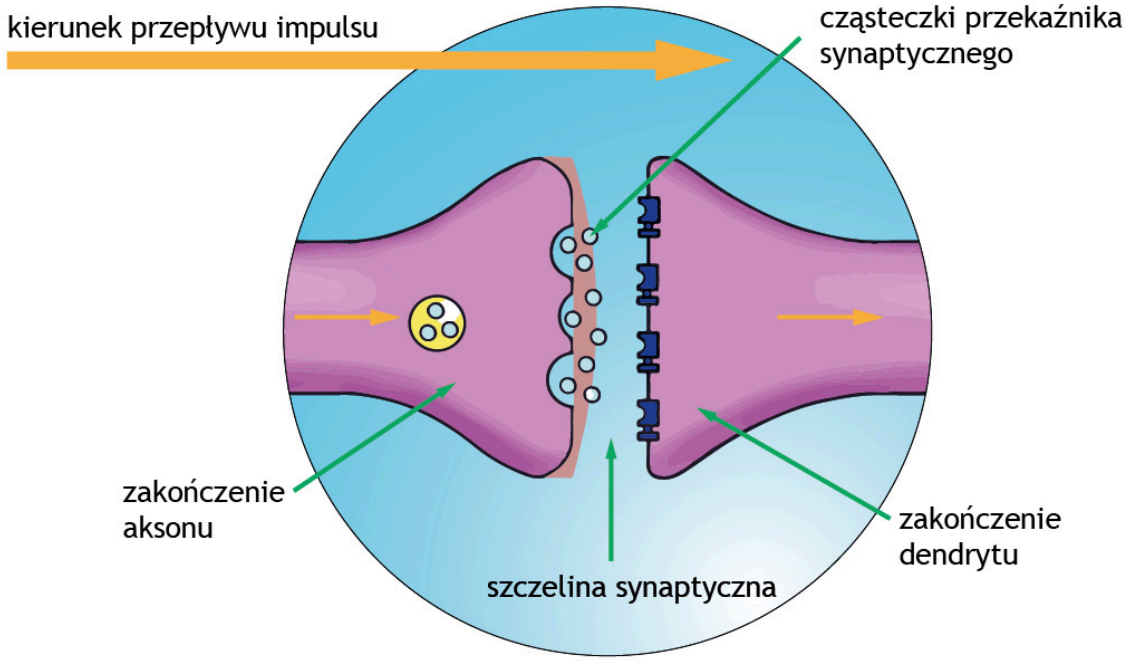
Jak już doskonale wiesz, neurony przesyłają sygnały w postaci serii **impulsów nerwowych** (niewielkich wyładowań elektrycznych). Impulsy nerwowe wędrują z dużą prędkością wzdłuż błony komórkowej neuronów (do 120 m/s). Działanie pojedynczego neuronu można porównać do telegrafu. Nadawca wystukuje serię impulsów elektrycznych, które wędrują „po drucie" do odbiorcy znajdującego się wiele kilometrów dalej. Podobnie funkcjonują wypustki neuronu (aksony są tak długie, że docierają do wszystkich narządów). Różnica polega między innymi na tym, że telegraf działa dwukierunkowo, natomiast neuron przewodzi impulsy nerwowe zawsze **tylko w jednym kierunku**: dendryty – do ciała komórki, akson – od ciała komórki.



Przekazywanie impulsów nerwowych

Neurony przekazują impulsy nerwowe innym komórkom pobudliwym. Miejsce, gdzie zakończenie aksonu komórki nerwowej styka się z dendrytem kolejnego neuronu lub z komórką mięśniową, nazywamy **synapsą** (synapsa nerwowo-nerwowa lub nerwowo-mięśniowa). Impuls nerwowy docierający do zakończenia aksonu powoduje uwolnienie

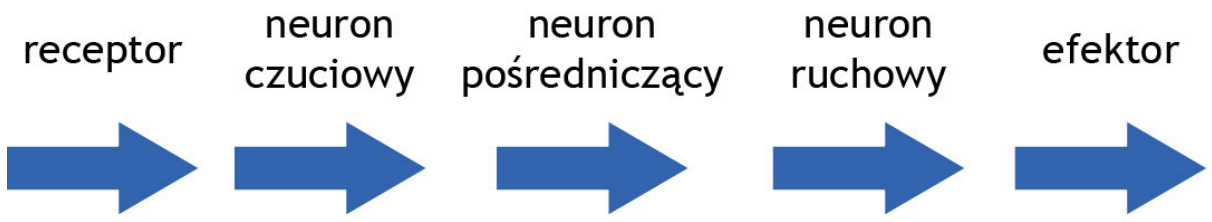
przekaźnika synaptycznego. Jest to substancja chemiczna, która przedostaje się przez szczelinę synaptyczną do błony następnej komórki i tam wyzwala identyczny impuls nerwowy.



Przekazywanie impulsów nerwowych w synapsie nerwowo-nerwowej

2.2. Łuk odruchowy

Droga impulsu nerwowego od receptora do narządu wykonawczego to **łuk odruchowy**. Prosty łuk odruchowy składa się z kilku elementów: receptora, neuronu czuciowego, neuronu pośredniczącego, neuronu ruchowego oraz efektora.

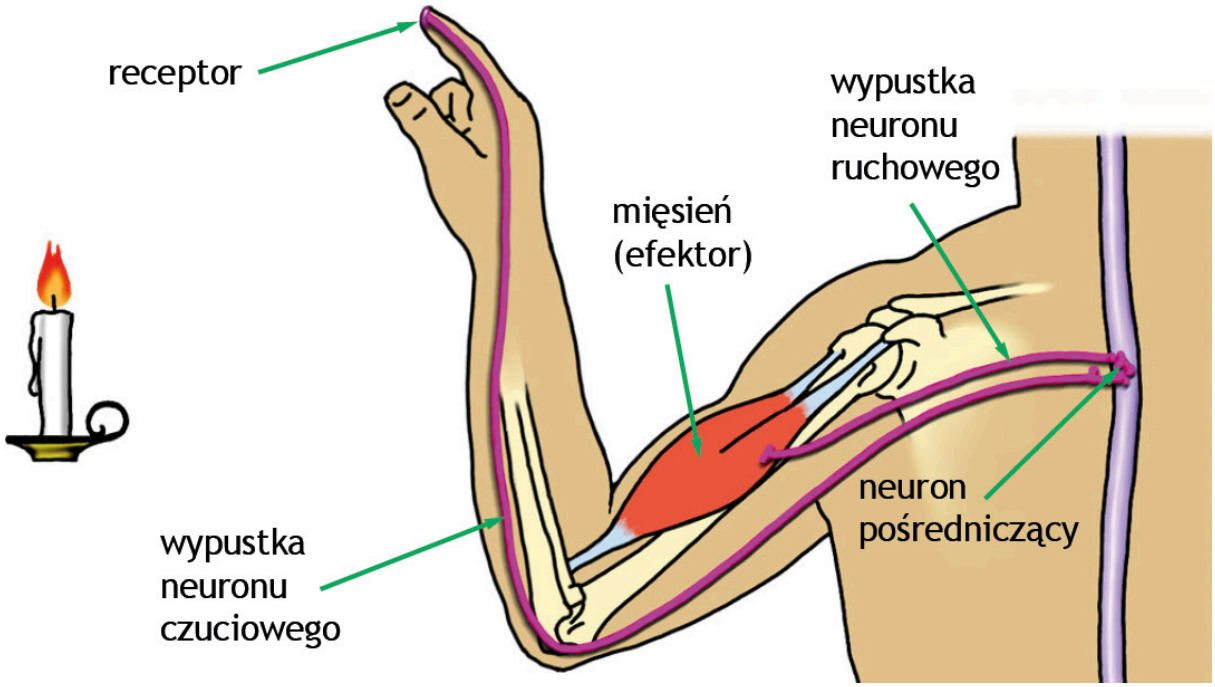


Neuron pośredniczący zawsze jest częścią ośrodkowego układu nerwowego (rdzenia kręgowego albo mózgowia). Liczba neuronów pośredniczących może być większa. Zależy to od konkretnego łuku odruchowego.

Proste łuki odruchowe z udziałem rdzenia kręgowego są podstawą reakcji

obronnych, zwanych odruchami unikania. **Odruchy unikania** są mimowolne, proste, ale jednocześnie bardzo szybkie. W ten sposób organizm człowieka reaguje na nagłe, potencjalnie niebezpieczne bodźce. Jeśli więc niespodziewanie zdarzy się nam dotknąć bardzo gorącego przedmiotu lub ukłujemy się igłą, natychmiast cofamy rękę. Robimy to bez zastanowienia (nie mamy świadomego wpływu na przebieg reakcji, chociaż ją rejestrujemy). W tym przypadku liczy się szybkość reakcji – impuls bodźca bólowego biegnie w minimalnej liczbie elementów (neuronów), a reakcja obronna nie wymaga udziału kory mózgowej. Odruchy z udziałem rdzenia kręgowego nazywane są ogólnie **odruchami rdzeniowymi**.

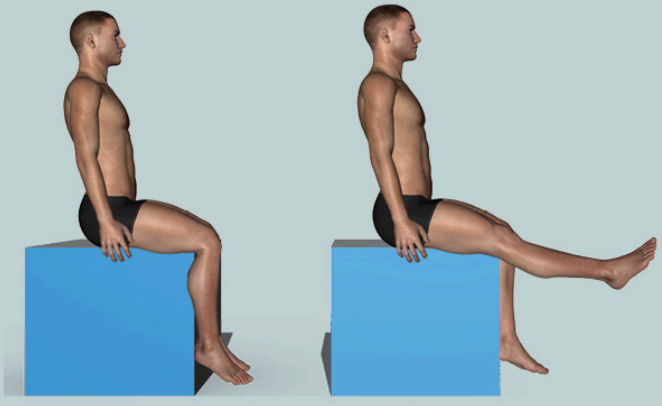
Przyglądając się prostemu łukowi odruchowemu, można zrozumieć, jak działa cały układ nerwowy (mimo że liczba synaps i możliwych połączeń nerwowych w układzie nerwowym jest niewyobrażalnie wielka).



Prosty łuk odruchowy - reakcja mimowolnego cofnięcia ręki po dotknięciu płomienia świecy

Ciekawe!

Zapewne słyszałeś już o innej prostej reakcji obronnej - **odruchu kolanowym**. Reakcja wyprostowania kolana po lekkim uderzeniu młoteczkiem neurologicznym pozwala lekarzowi ocenić stan neuronów pacjenta.



2.3. Odruchy

Odruchem nazywamy każdą reakcję, która jest automatyczną (mimowolną) odpowiedzią organizmu na bodziec. Reakcje odruchowe zawsze przebiegają z udziałem ośrodkowego układu nerwowego. Odruchy dzielimy na wrodzone (bezwarunkowe) i nabyte (warunkowe).

Ssanie jest odruchem wrodzonym

Odruchów wrodzonych nie musimy się uczyć – istnieją od urodzenia i są

niezmienne. Oznacza to, że dany bodziec zawsze wywoła taką samą reakcję odruchową. Odruchem bezwarunkowym jest zwężanie i rozszerzanie źrenicy oka w zależności od natężenia światła, kichanie po podrażnieniu błony śluzowej jamy nosowej lub wydzielanie śliny podczas spożywania posiłku. Do tej kategorii zaliczymy też opisane przed chwilą odruchy rdzeniowe.

Odruchy nabyte powstają przez częste powtarzanie takich samych czynności. Przykładem odruchu warunkowego jest reakcja na zapalenie się zielonego światła przy przejściu dla pieszych – piesi wkraczają na jezdnię. Jeśli dana czynność nie jest powtarzana, odruch zanika. Tak więc warunkiem wytworzenia i utrzymania odruchów warunkowych jest wielokrotne powtarzanie określonych czynności. Odruchy warunkowe pozwalają skrócić czas upływający od momentu odebrania bodźca do zadziałania efektora, dlatego na przykład zawodowy tenisista stołowy potrafi błyskawicznie zmienić ustawienie rakiety, a amator reaguje wolno i nieporadnie. Przede wszystkim jednak odruchy warunkowe są podstawą procesu uczenia się. Pionierskie badania nad powstawaniem odruchów warunkowych prowadził rosyjski fizjolog Iwan Pawłow.

Cechy odruchu	Odruchy wrodzone	Odruchy nabyte
Powstanie	od urodzenia	nabywane
Zanikanie	nie zanikają	zanikają
Warunki (trwałość)	brak	powtarzanie określonej czynności
Działanie	zawsze tak samo (niezmiennie)	ulegają zmianom
Przykłady	ssanie, kaszel, kichanie, odruch źreniczny, odruch Babińskiego	wydzielanie śliny na widok ulubionej potrawy

Porównanie odruchów wrodzonych i nabytych

2.4. Autonomiczny układ nerwowy

Kontrola nad prawidłową pracą narządów wewnętrznych oraz tempem przemiany materii jest zadaniem **autonomicznego układu nerwowego** (wegetatywnego układu nerwowego). Działanie układu autonomicznego jest niezależne od naszej woli. W autonomicznym układzie nerwowym wyróżniamy część współczulną (sympatyczną) i przywspółczulną (parasympatyczną). Obie części unerwiają wszystkie narządy wewnętrzne,

ale ich działanie jest antagonistyczne. **Część współczulna** mobilizuje organizm do zwiększonego wysiłku. Źrenice rozszerzają się (wpuszczają większą ilość światła), serce bije szybciej (rośnie tempo przepływu i ciśnienie krwi), oskrzela się rozszerzają (zwiększa się tempo wymiany gazowej). Następuje ogólny wzrost tempa metabolizmu. Hamowana jest za to aktywność układu pokarmowego. **Układ przywspółczulny** działa hamująco na większość unerwianych narządów. Pobudza tylko pracę ślinianek (wydzielanie śliny) oraz motorykę żołądka i jelit. Skutkiem działania układu przywspółczulnego jest ogólne zwolnienie tempa przemiany materii. W sytuacjach stresowych dominuje zatem układ współczulny, podczas odpoczynku i po posiłkach – układ przywspółczulny. Kombinacja pobudzenia obu części układu autonomicznego powoduje, że każdy narząd pracuje w odpowiedni sposób (zależnie od sytuacji).

Unerwiany narząd	Część współczulna	Część przywspółczulna
Źrenica oka	rozszerzenie	zwężenie
Serce	przyspieszenie pracy	zwolnienie pracy
Oskrzela	rozszerzenie	zwężenie
Naczynia krwionośne	rozszerzenie	zwężenie
Ślinianki	hamowanie wydzielania śliny	pobudzenie wydzielania śliny
Przewód pokarmowy	hamowanie perystaltyki	pobudzenie perystaltyki

Antagonistyczne działanie w autonomicznym układnie nerwowym (AUN)

Ciekawe!

Klasówka, pierwsza randka czy rozmowa w sprawie pracy to sytuacje, gdy silnemu pobudzeniu ulega układ współczulny. Stąd szybsze niż normalnie bicie serca, wzrost ciśnienia krwi, przyspieszenie oddechu, uczucie suchości w ustach i brak uczuciu głodu.

2.5. Układ nerwowy i hormonalny

Jak widać, w organizmie człowieka funkcjonują dwa wyspecjalizowane układy kontrolujące i regulujące czynności życiowe: **układ hormonalny** oraz **układ nerwowy**. Ich działanie uzupełnia się, dlatego często mówimy o **zintegrowanym systemie regulacji nerwowo-hormonalnej**. W systemie tym układ nerwowy odpowiada za szybkie reakcje organizmu (błyskawicznie odbiera i analizuje bodźce, następnie wywołuje odpowiednie reakcje). Ponadto kontroluje pracę wszystkich narządów wewnętrznych.

2.6. Podsumowanie

1. Neurony przesyłają informacje w postaci niewielkich implusów elektrycznych wędrujących wzdłuż błony komórkowej.
2. Miejscami połączeń komórek nerwowych z innymi komórkami pobudliwymi są synapsy.
3. Podstawową jednostką czynnościową układu nerwowego jest łuk odruchowy.
4. Odruchy, czyli proste reakcje na bodziec, dzielimy na wrodzone i nabyte.

3. Wybrane problemy medyczne

Zakłócenie pracy układu nerwowego, na przykład na skutek silnego, długotrwałego stresu, prowadzi do przeciążenia organizmu. Nadmierne wydzielanie adrenaliny, kortyzolu i niektórych innych hormonów prowadzi do zmęczenia i sprzyja rozwojowi różnych chorób (nie tylko układu nerwowego). Dla higieny układu nerwowego ważny jest **aktywny wypoczynek**, **sen** i umiejętność radzenia sobie w trudnych sytuacjach.

Aktywny wypoczynek na łonie natury to jeden z lepszych sposobów radzenia sobie ze stresem

Do chorób układu nerwowego należą między innymi: nerwice, depresja, choroba Alzheimera, stwardnienie rozsiane, padaczka i autyzm. **Nerwica** i **depresja** zwykle są skutkiem długotrwałego stresu. Nerwicy towarzyszą często natręctwa. Depresja jest stanem długotrwałego i silnego przygnębienia. **Choroba Alzheimera** dotyka głównie osób starszych. Powoduje zaniki pamięci i zmniejszanie zdolności uczenia się. **Stwardnienie rozsiane** jest chorobą neuronów ruchowych mózgu i rdzenia kręgowego. Skutkiem jest między innymi postępujący niedowład kończyn.

Podłoże **padaczki** jest słabo poznane. Wiadomo tylko, że u chorych zaburzenia pracy neuronów mózgowia prowadzą do niekontrolowanych

drgawek i utraty przytomności. Z kolei **osoby autystyczne** mają poważne problemy z nawiązywaniem kontaktu z otoczeniem.

Poważne, wręcz niebezpieczne, zaburzenia funkcjonowania układu nerwowego mogą być skutkiem inwazji drobnoustrojów chorobotwórczych. Przykładem może być kleszczowe **zapalenie mózgu**. Wektorem wirusa są kleszcze (pasożyty skórne, m.in. także człowieka). Na szczęście Polsce dostępne są już szczepionki o wysokiej skuteczności.

4. Panel kontrolny Rozdziału XVI

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XVI (na www.terazwiedza.pl).

4.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Budowa układu nerwowego

1. Narysuj i omów budowę neuronu jako komórki wyspecjalizowanej w przewodzeniu impulsów nerwowych.
2. Wytłumacz, w jaki sposób możliwe jest szybkie przesyłanie sygnałów wzdłuż neuronów oraz pomiędzy nimi.
3. Wymień główne struktury układu nerwowego i przedstaw ich rolę w regulacji nerwowej.
4. Wykaż łączność układu nerwowego z układem hormonalnym.

Polecenia do lekcji 2. Praca układu nerwowego

1. Narysuj schemat łuku odruchowego (np. odruchu kolanowego) i wyjaśnij zasadę jego działania.
2. Podaj przykłady odruchów bezwarunkowych i warunkowych oraz wykaż różnice między nimi.
3. Przedstaw rolę odruchów warunkowych w uczeniu się.
4. Porównaj działanie i funkcje części współczulnej i przywspółczulnej autonomicznego układu nerwowego.

Polecenia do lekcji 3. Wybrane problemy medyczne układu nerwowego

1. Wymień dwa przykłady chorób układu nerwowego. Wyszukaj w Internecie informacje o podłożu tych chorób.
2. Wymień najważniejsze czynniki wywołujące stres oraz przykłady pozytywnego i negatywnego oddziaływania stresu.
3. Wytłumacz, w jaki sposób można sobie radzić z nadmiernym stresem.
4. Znajdź, na przykład w Internecie, informacje, które pozwolą ci zweryfikować następującą hipotezę: Spożywanie alkoholu i zażywanie narkotyków szybko prowadzi do niebezpiecznych uzależnień.

4.2. Ważne pojęcia

• ośrodkowy układ nerwowy • obwodowy układ nerwowy • mózgowie: mózg (kresomózgowie, międzymózgowie), móżdżek, pień mózgu • rdzeń kręgowy • układ nerwowy somatyczny • układ nerwowy autonomiczny: współczulny, przywspółczulny • półkule mózgowe • kora mózgowa • płaty kory mózgowej: czołowy, ciemieniowy, potyliczny, skroniowy • ośrodki czuciowe i ruchowe • substancja szara i biała • opony mózgowo-rdzeniowe (twarda, pajęcza i miękka)

• łuk odruchowy • receptor • neuron (czuciowy, pośredniczący, ruchowy) • efektor • synapsa • odruch • odruchy wrodzone (bezwarunkowe) • odruchy nabyte (warunkowe) • nerwica • depresja • choroba Alzheimera • stwardnienie rozsiane • padaczka • neurolog

5. Budowa i funkcjonowanie oka

5.1. Narządy zmysłów

Zmysł jest zdolnością odbierania informacji ze środowiska. Człowiek ma następujące zmysły: wzroku, słuchu, równowagi, węchu, smaku oraz dotyku i czucia zmian temperatury. Postrzeganie zmysłowe umożliwiają nam wyspecjalizowane **narządy zmysłów**.

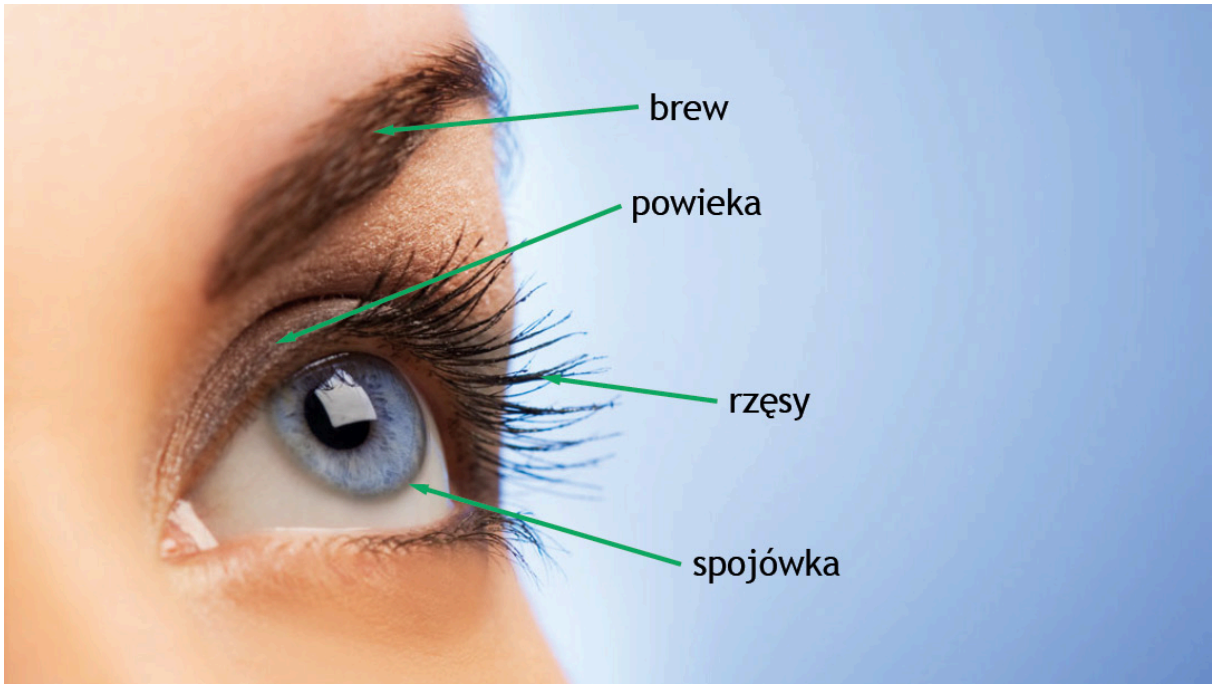
Najważniejsze zmysły człowieka

Narządami zmysłów są: **oko**, **ucho** oraz **nos** i **kubki smakowe**. Swoistym narządem zmysłów jest też skóra. Wszystkie narządy zmysłów mają **receptory** – komórki odbierające bodźce i zamieniające je na impulsy nerwowe. Receptory są wyspecjalizowane. Na przykład receptory siatkówki oka odbierają wrażenia świetlne, ale nie są wrażliwe na dźwięki.

5.2. Budowa narządu wzroku

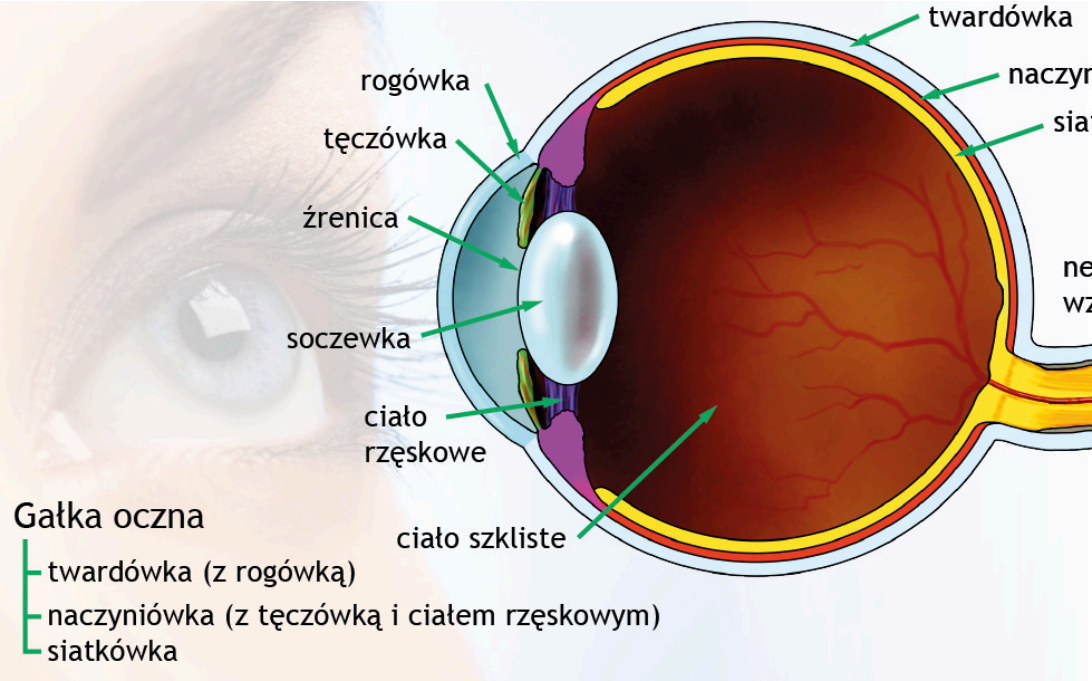
Każde **oko** składa się z **gałki ocznej** i **narządów dodatkowych oka**. Gałki oczne znajdują się w kostnych zagłębieniach – oczodołach. Narządami dodatkowymi są mięśnie oczu (skośne i proste) oraz aparat ochronny oka (brwi, rzęsy, powieki, spojówka i gruczoły łzowe). **Łzy** są wydzieliną **gruczołów łzowych,** która zwilża powierzchnię spojówki.

Spojówka jest delikatną błonką pokrywającą powierzchnię rogówki oraz wewnętrzną powierzchnię powiek.



Elementy aparatu ochronnego oka

Gałka oczna ma budowę trójwarstwową. Zewnętrzną warstwą jest twardówka, środkową – naczyniówka, a wewnętrzną – siatkówka. **Twardówka** chroni oko przed urazami mechanicznymi. Przednia uwypuklona część twardówki to **rogówka**. Rogówka jest cienka i przezroczysta, dlatego przepuszcza promienie świetlne do wnętrza gałki ocznej. W **naczyniówce** znajdują się liczne drobne naczynia krwionośne odżywiające oko. Przednia część naczyniówki przechodzi w barwną tęczówkę i ciało rzęskowe. **Źrenica** jest otworem w tęczówce, przez który światło dostaje się do wnętrza oka. Za tęczówką znajduje się dwuwypukła **soczewka oka**. Wnętrze gałki ocznej wypełnia przezroczyste, galaretowate **ciało szkliste. Siatkówka** każdego oka zawiera miliony światłoczułych komórek (fotoreceptorów): czopków i pręcików. Na siatkówce powstają obrazy.

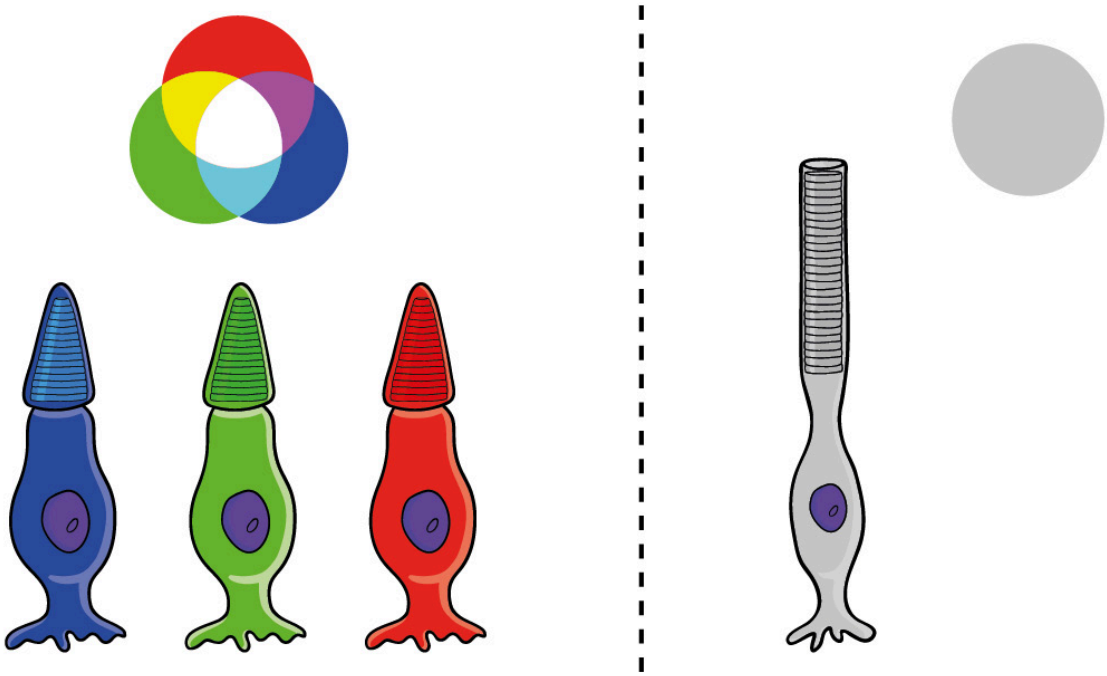


Elementy gałki ocznej

5.3. Praca narządu wzroku

Promienie świetlne przechodzą przez następujące elementy gałki ocznej: rogówkę (załamuje światło), źrenicę, soczewkę (załamuje światło), ciało szkliste i padają na siatkówkę. Powstający **obraz jest pomniejszony, rzeczywisty i odwrócony**. Pobudzone fotoreceptory siatkówki wytwarzają liczne impulsy, które nerwem wzrokowym wędrują do mózgu. Impulsy nerwowe docierające z oczu są interpretowane i składane w konkretne obrazy w ośrodku wzroku znajdującym się w płacie potylicznym mózgu. Dzięki temu rozumiemy to, co widzimy.

Soczewka najlepiej skupia promienie świetlne na siatkówce, w miejscu zwanym **plamką żółtą.** W plamce żółtej znajduje się bardzo dużo czopków. **Czopki** umożliwiają nam widzenie barwne (są trzy rodzaje czopków, każdy wrażliwy na światło różnej barwy), dlatego obraz powstający w plamce żółtej jest ostry i barwny. **Pręciki** rozmieszczone są dość regularnie w całej siatkówce. Nie są wrażliwe na barwę światła, ale za to bardzo czułe. Dzięki pręcikom odbieramy wrażenie ruchu, możemy też widzieć o zmroku (choć jest to widzenie nieostre i czarno-białe).



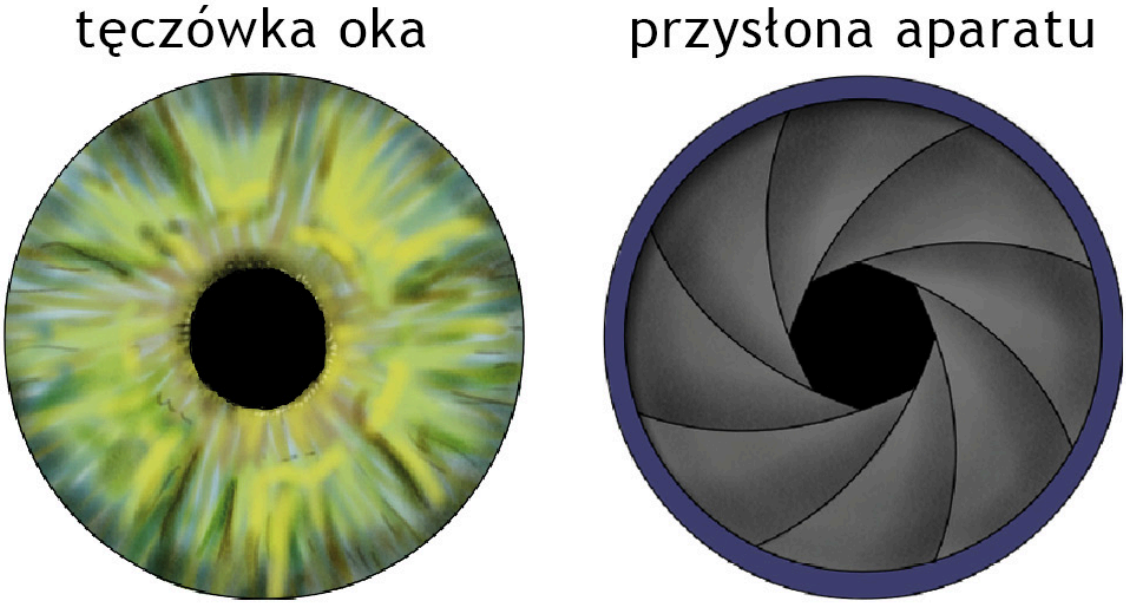
Fotoreceptory siatkówki - czopki (z lewej) i pręcik (z prawej)

Impulsy z pobudzonych czopków oraz pręcików przekazywane są do **nerwu wzrokowego** i dalej do mózgu. W miejscu, gdzie rozpoczyna się nerw wzrokowy, nie ma komórek światłoczułych. Ponieważ jest ono niewrażliwe na światło, nazwano je **plamką ślepą** (ściślej - tarczą nerwu wzrokowego).

Mózg potrafi nałożyć na siebie dwuwymiarowe obrazy, które powstają na siatkówce każdego oka. W ten sposób powstają **obrazy trójwymiarowe**, czyli przestrzenne.

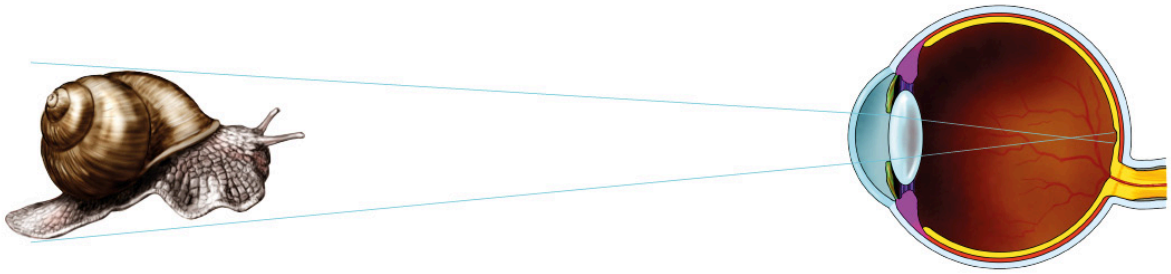
W zależności od natężenia światła zmienia się wielkość źrenicy. Jest to odruchowa **adaptacja oka** do zmiennych warunków oświetlenia. Gdy ilość światła rośnie, źrenica się zmniejsza, przez co do wnętrza oka dostaje się go mniej. W ten sposób chroniona jest delikatna siatkówka. Poza tym duża ilość światła pobudziłaby zbyt dużą liczbę fotoreceptorów i jakość obrazu uległaby pogorszeniu.

Uwaga: wielkość źrenicy jest regulowana przez skurcze włókien mięśniowych gładkich tęczówki.



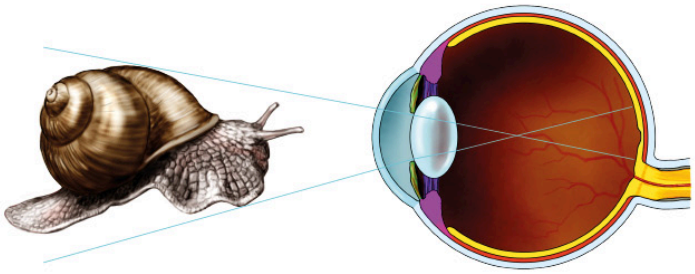
Tęczówka działa jak przysłona aparatu fotograficznego

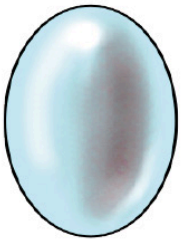
Oko człowieka jest zdolne do szybkiej **akomodacji**, czyli przystosowuje się do ostrego widzenia obiektów położonych w różnej odległości. Elementem oka odpowiadającym za akomodację jest soczewka. W zależności od tego, w jakiej odległości znajduje się obserwowany obiekt, soczewka zmienia swoją krzywiznę. Gdy spoglądamy na obiekt znajdujący się w dużej odległości (dalej niż 6 m), soczewka jest spłaszczona, ponieważ mięsień rzęskowy jest rozluźniony. Promienie świetlne załamują się stosunkowo nieznacznie, ale skupiane są na siatkówce – to **widzenie dalekie.** Jeżeli obiekt znajduje się w mniejszej odległości, mięsień rzęskowy odruchowo kurczy się i soczewka staje się bardziej kulista. Zwiększona siła skupiająca soczewki spowoduje, że ostry obraz wciąż będzie padał na siatkówkę – to **widzenie bliskie.**



- soczewka spłaszczona (mała siła skupiająca)
- mięsień rzęskowy rozkurczony

Akomodacja oka - widzenie z dużej odległości





- soczewka pogrubiona (duża siła skupiająca)
- mięsień rzęskowy skurczony

Akomodacja oka - widzenie z małej odległości

5.4. Podsumowanie

1. Człowiek ma następujące zmysły: wzroku, słuchu, równowagi, węchu, smaku oraz dotyku i czucia zmian temperatury.

2. Narządami zmysłów są: oko, ucho oraz nos i kubki smakowe, a w pewnym sensie także skóra.

3. Oko wytwarza obraz pomniejszony, rzeczywisty i odwrócony. Właściwymi fotoreceptorami są pręciki i czopki.

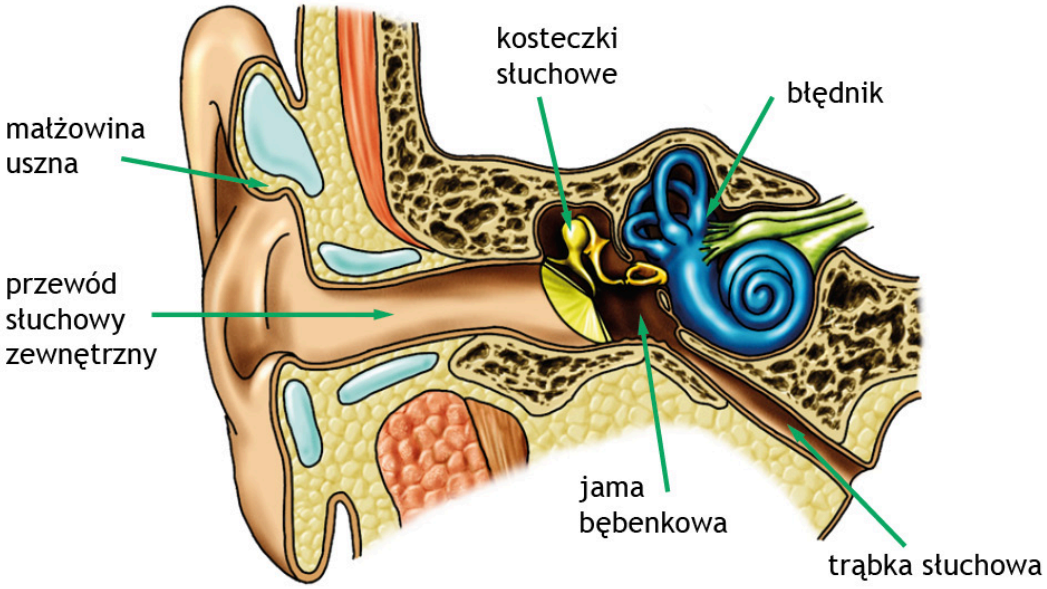
4. Przystosowanie się oka do ostrego widzenia obiektów położonych w różnej odległości to akomodacja.

6. Budowa i funkcjonowanie ucha

6.1. Budowa ucha człowieka

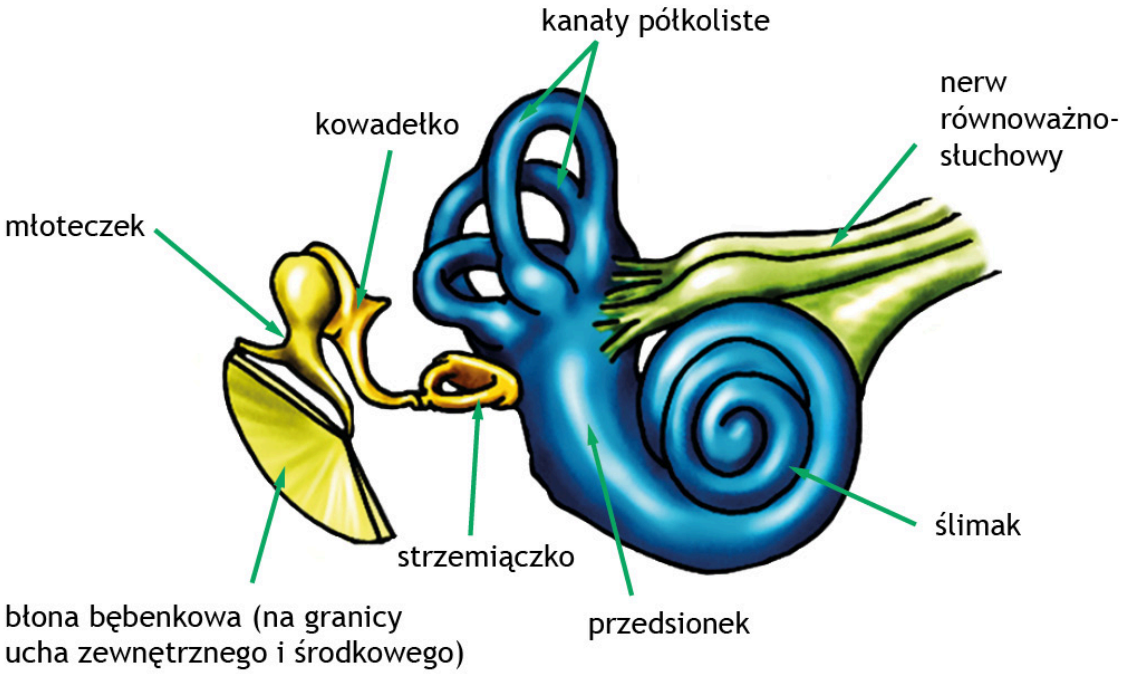
Ucho jest narządem słuchu oraz równowagi (stąd określenie narząd równoważno-słuchowy). Każde ucho składa się z trzech części: ucha zewnętrznego, ucha środkowego i ucha wewnętrznego.

Ucho zewnętrzne tworzą: **małżowina uszna** oraz przewód słuchowy zewnętrzny. Na granicy ucha zewnętrznego i ucha środkowego znajduje się **błona bębenkowa**.



Budowa ucha - narządu równoważno-słuchowego

Ucho środkowe stanowi jama bębenkowa i trąbka słuchowa. W jamie bębenkowej są trzy **kostki słuchowe**: młoteczek, kowadełko i strzemiączko. Strzemiączko przylega do okienka owalnego, które znajduje się na granicy ucha środkowego i ucha wewnętrznego.



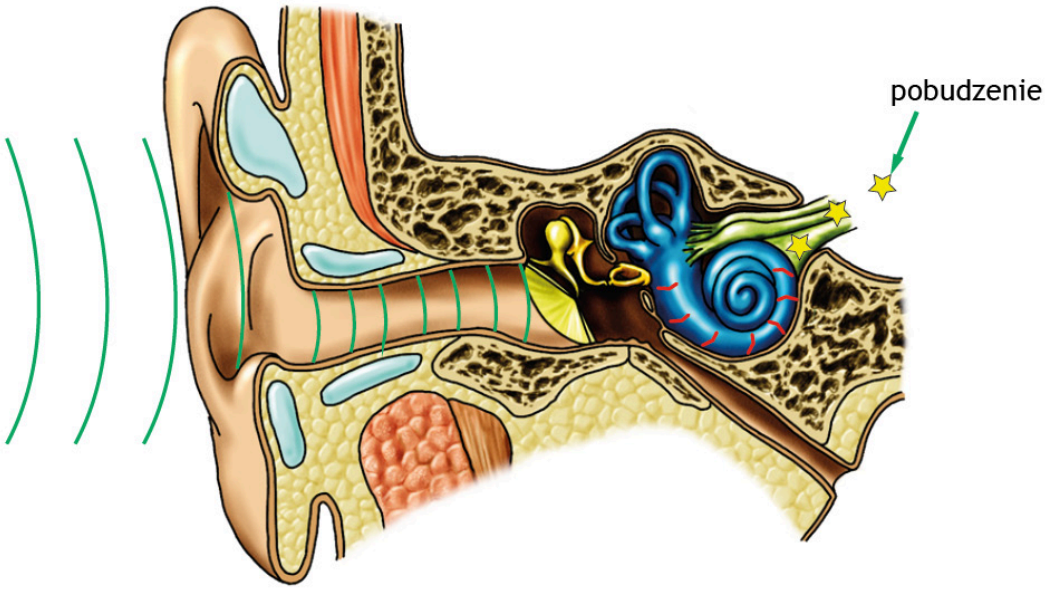
Ucho wewnętrzne ma najbardziej skomplikowaną budowę. Składa się z jamy błędnika kostnego, w której znajduje się **błędnik błoniasty**. W skład błędnika błoniastego wchodzą: **przedsionek**, **ślimak** i **kanały półkoliste**. Elementy błędnika błoniastego wypełnione są płynem. W ślimaku znajdują się właściwe receptory słuchu – komórki zmysłowe wrażliwe na drgania. W przedsionku i kanałach półkolistych znajdują się komórki czuciowe zmysłu równowagi.

Uwaga: trąbka słuchowa jest przewodem umożliwiającym wyrównanie ciśnienia powietrza po obu stronach błony bębenkowej (łączy jamę bębenkową z gardłem).

6.2. Wrażenia słuchowe

Zmysł słuchu pozwala odbierać drgania powietrza, czyli **fale dźwiękowe.** Fale te dochodzą do małżowiny usznej, trafiają do przewodu słuchowego zewnętrznego i wprawiają w drgania błonę bębenkową. Od wewnątrz do błony bębenkowej przyrośnięty jest młoteczek, którego drgania wzbudzają drgania kowadełka i strzemiączka. Strzemiączko przylega do okienka owalnego. Drgania okienka owalnego wprawiają w ruch płyn wypełniający przedsionek błędnika błoniastego. Kiedy fale drgań płynu docierają do ślimaka, poruszają rzęski komórek zmysłowych. Poruszenie rzęsek jest sygnałem pobudzającym. W zależności od tego, jakie jest **natężenie** i

częstotliwość dźwięku, pobudzane są różne komórki zmysłowe ślimaka.



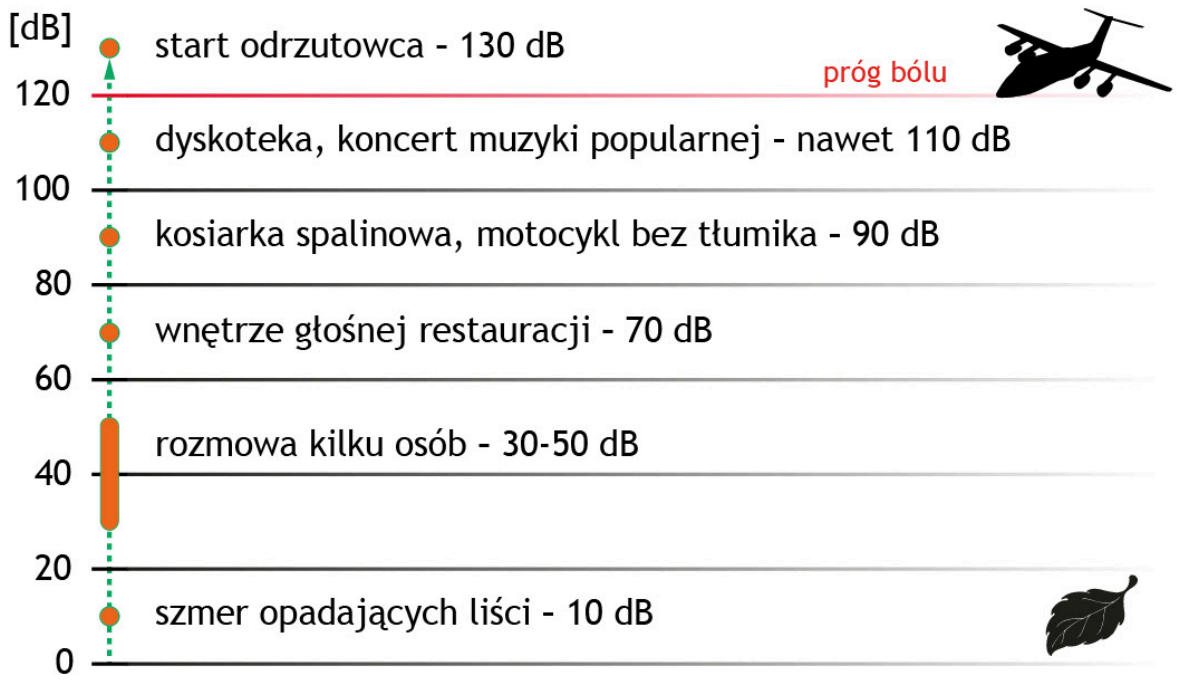
Odbiór wrażeń słuchowych, czyli akustycznych

Człowiek słyszy dźwięki o częstotliwości od 16 do 20 000 herców (Hz). Z wiekiem zakres słyszalności się zmniejsza. Dla człowieka dźwięki o częstotliwości mniejszej niż 16 Hz to **infradźwięki**, natomiast o częstotliwości większej niż 20 000 Hz to **ultradźwięki**.

Uwaga: Hz (herc) - jednostka miary częstotliwości; tu 1 Hz = 1 drganie na sekundę.

Impulsy nerwowe z ucha przekazywane są do mózgu przez nerw przedsionkowo-ślimakowy. Odpowiednie ośrodki w mózgowiu (znajdujące się w płatach skroniowych) stale analizują impulsy nerwowe docierające z obu uszu. Jeśli źródło dźwięku znajduje się na przykład z prawej strony, prawe ucho wyśle impulsy nieznacznie szybciej niż ucho lewe. Umożliwia to precyzyjne określenie położenia źródła dźwięku.

Poziom natężenia dźwięku (ogólnie - głośność) określa się w **decybelach**.



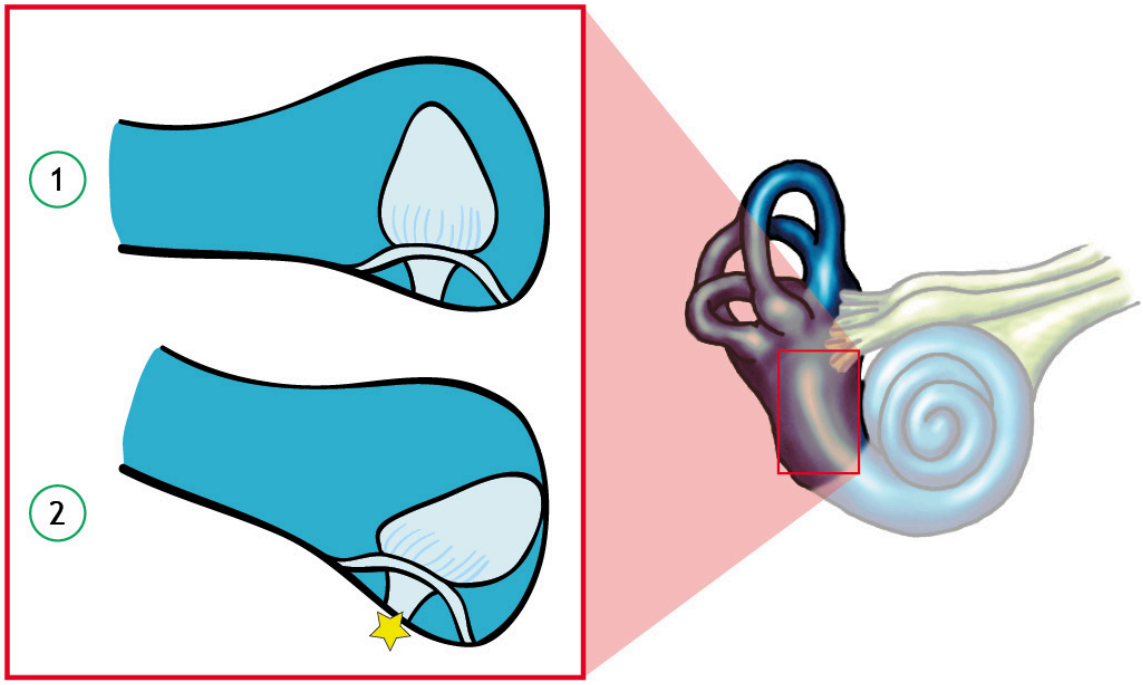
Przykłady dźwięków o różnym natężeniu i ich wpływ na człowieka

Uwaga: decybel to 1/10 bela (nie musisz znać żadnych szczegółów związanych z obliczaniem wartości tej jednostki).

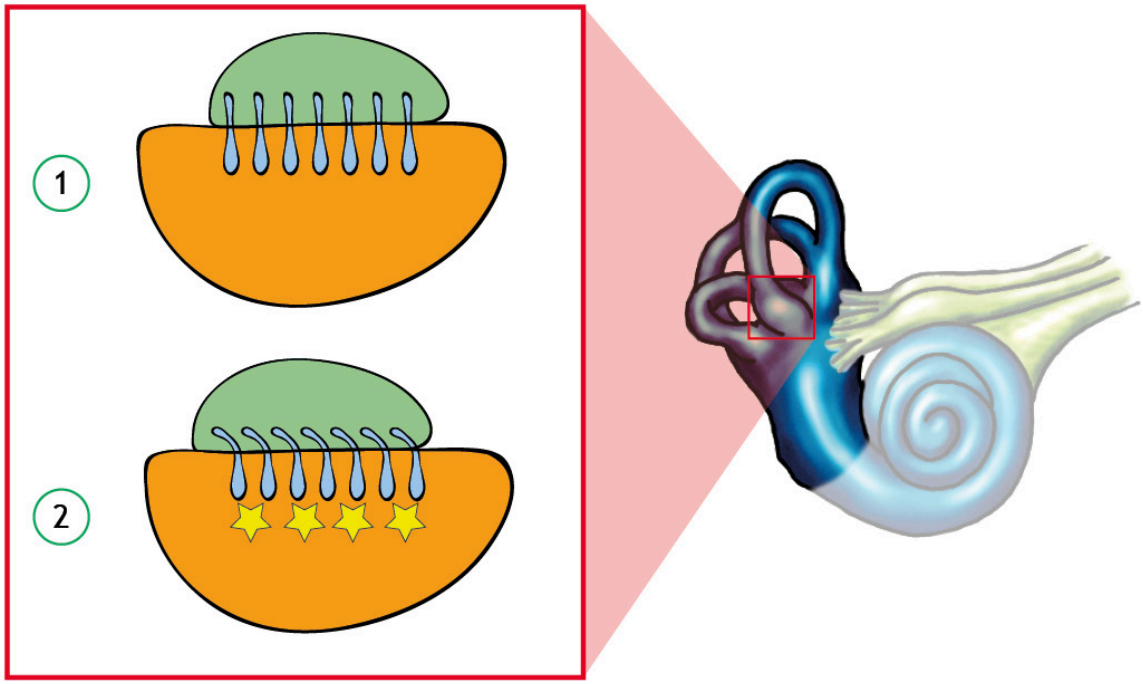
Współczesna technika pozwala nam cieszyć się odsłuchem stereofonicznym, a nawet wielokanałowym. Słuchając zbyt głośnej muzyki, możesz jednak uszkodzić narząd słuchu, zwłaszcza jeśli korzystasz ze słuchawek.

6.3. Czucie równowagi

Zmysł równowagi pozwala na odbieranie **grawitacji** (rozpoznajemy, gdzie jest góra, a gdzie dół) oraz **przyspieszeń** i **opóźnień** (np. gdy idziemy ulicą i zatrzymujemy się). Za odbiór tych wrażeń odpowiada przedsionek i kanały półkoliste błędnika błoniastego. W przedsionku znajdują się **skupienia urzęsionych komórek zmysłowych**. Rzęski te uciskane są przez niewielkie ziarnistości, które mają tendencję do równomiernego opadania zgodnie z działaniem siły grawitacji. Ucisk ziarnistości na rzęski w odpowiednich skupieniach pozwala określić pozycję głowy w przestrzeni. Kiedy poruszamy się w linii prostej, ucisk ziarnistości rozkłada się inaczej (stąd wiemy, że nasze ciało się przemieszcza). W każdym uchu znajdują się trzy kanały półkoliste. U podstawy każdego kanału znajdują się **bańkowate rozszerzenia** z urzęsionymi komórkami zmysłowymi. Kiedy zaczynamy obracać głowę (lub całe ciało), bezwładny ruch płynu wypełniającego kanały powoduje wychylenie rzęsek w określonych rozszerzeniach. Ponieważ kanały ustawione są względem siebie prostopadle, mogą informować o zmianie położenia ciała we wszystkich trzech płaszczyznach



Określanie pozycji głowy w przestrzeni - działanie elementów zmysłowych przedsionka (1 - głowa w pozycji pionowej, 2 - głowa przechylona)



Ruch obrotowy głowy - działanie elementów zmysłowych kanałów półkolistych (1 - brak ruchu, 2 - ruch obrotowy głowy)

Móżdżek cały czas analizuje impulsy wysyłane z przedsionka i kanałów półkolistych. W ten sposób możemy ocenić położenie ciała, wielkość przyspieszenia i zachować równowagę.

Kolejka górska (ang. *roller coaster*). Taka przejażdżka to gwarancja pobudzenia

wszystkich komórek zmysłowych ucha wewnętrznego (i nie tylko!)

6.4. Podsumowanie

1. Ucho jest narządem słuchu oraz równowagi (równoważno-słuchowym). Składa się z trzech części: ucha zewnętrznego, ucha środkowego i ucha wewnętrznego.
2. Człowiek słyszy dźwięki o częstotliwości od 16 do 20 000 herców (Hz).
3. Zmysł równowagi pozwala na odbieranie grawitacji oraz przyspieszeń i opóźnień.

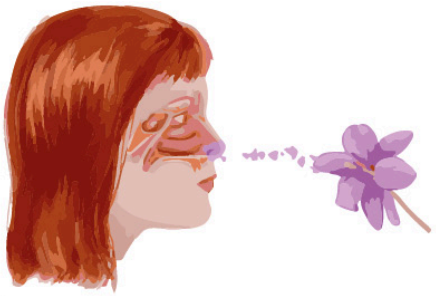
7. Czucie chemiczne - nos i język

7.1. Narząd węchu

Za **czucie chemiczne** odpowiadają receptory znajdujące się w jamie nosowej i języku. Komórki zmysłowe nosa wykrywają substancje chemiczne występujące w powietrzu – **zmysł węchu**. Z kolei komórki zmysłowe języka wykrywają substancje chemiczne występujące w pokarmie – **zmysł smaku**. Zmysł węchu i smaku wzajemnie się uzupełniają.

Czucie chemiczne

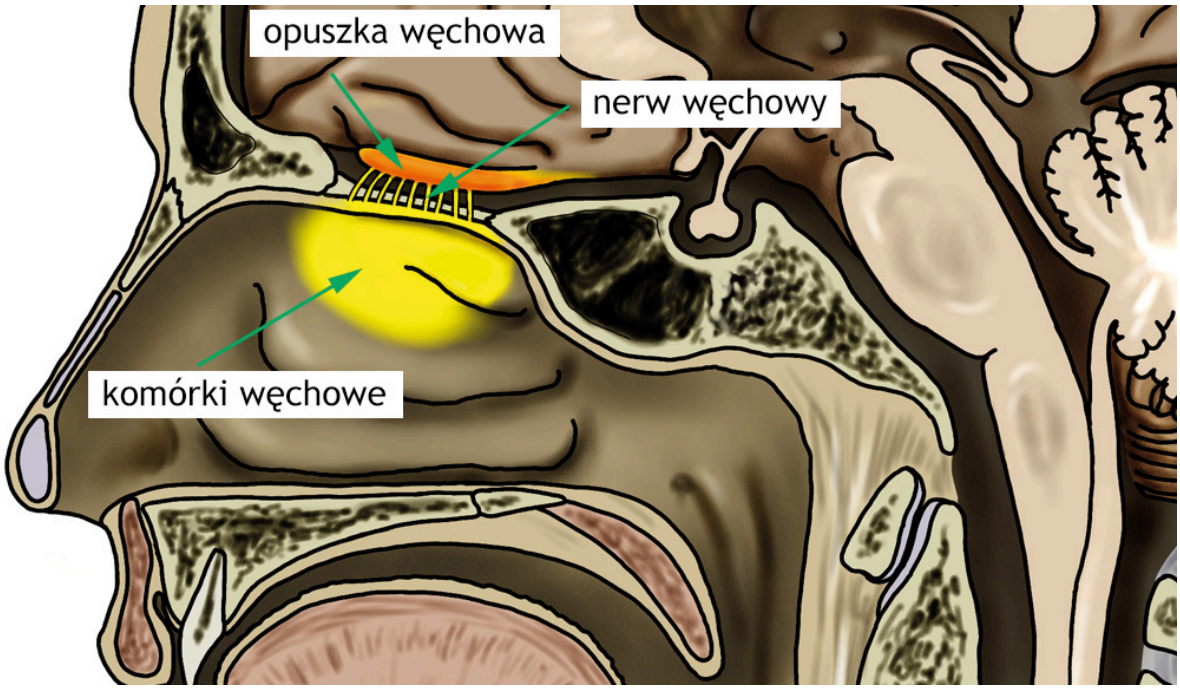
- węch
  - rozpoznawanie substancji rozpuszczonych w powietrzu
  - komórki receptorowe (zmysłowe) w nabłonku węchowym nosa
  - pierwotne funkcje u człowieka: wyszukiwanie pokarmu, unikanie drapieżników, ocena partnera seksualnego
- smak
  - rozpoznawanie substancji rozpuszczonych w wodzie i zawartych w pokarmie
  - komórki receptorowe (zmysłowe) w kubkach smakowych brodawek języka
  - pierwotne funkcje u człowieka: ocena przydatności jedzenia i picia do spożycia



Narządem węchu jest **nos**. W górnej części jamy nosowej znajduje się skupienie kilkudziesięciu milionów komórek węchowych tworzących **pole węchowe**. Wypustki komórek węchowych mają rzęski i są pokryte śluzem. W momencie, gdy wciągamy nosem powietrze, zawarte w nim substancje rozpuszczają się w śluzie i pobudzają rzęski komórek węchowych. Impulsy z komórek węchowych wędrują nerwem węchowym do mózgu (ściślej do części mózgu zwanej **opuszką węchową**).

Komórki węchowe są bardzo czułymi receptorami, do ich pobudzenia wystarczy bardzo mała ilość substancji zapachowej. Różnią się od siebie wrażliwością na substancje chemiczne. Bardzo duża liczba receptorów umożliwia nam odróżnianie nawet kilku tysięcy różnych zapachów.

Komórki węchowe szybko adaptują się i zwykle już po kilku minutach intensywność wrażeń zapachowych się zmniejsza.

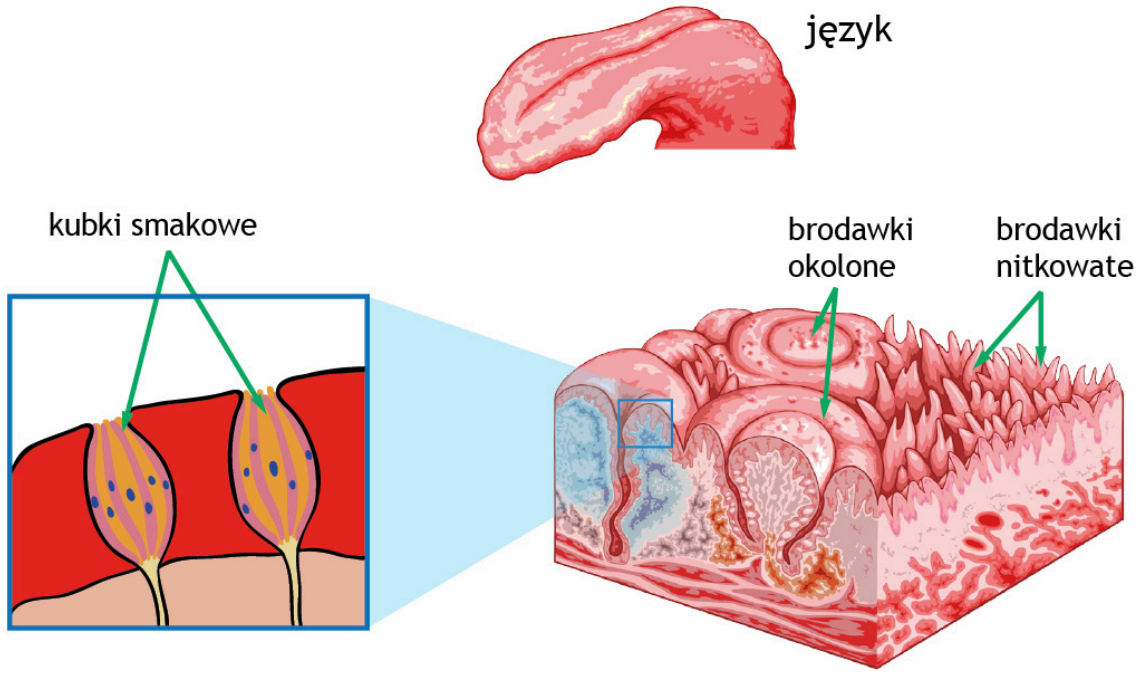


Każdy człowiek ma ok. 20 mln komórek węchowych

7.2. Narząd smaku

Język zbudowany jest głównie z tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej. Mięśnie języka pokrywa błona śluzowa z nabłonkiem wielowarstwowym płaskim. Ruchy języka pomagają w żuciu pokarmów, formowaniu kęsów i ich połykaniu oraz w artykułowaniu mowy. Na powierzchni języka znajdują się także receptory smaku.

Powierzchnia języka jest szorstka, ponieważ występują w niej liczne wyrostki – **brodawki smakowe**. Ze względu na kształt wyróżniono brodawki: nitkowate (najliczniejsze), okolone, liściaste i grzybkowate. Poza brodawkami nitkowatymi wszystkie pozostałe zawierają **kubki smakowe** – właściwe narządy smaku. Każdy kubek smakowy jest skupieniem kilkudziesięciu komórek smakowych (kształtem przypomina malutką bańkę).



Komórki smakowe znajdują się w kubkach smakowych, te zaś w brodawkach smakowych języka

Do pobudzenia komórek smakowych dochodzi wówczas, gdy substancje chemiczne zawarte w pokarmie zostaną rozpuszczone w ślinie i wnikną do kubków smakowych. Pojedyncza komórka smakowa rozpoznaje tylko jeden **smak** podstawowy: słodki, słony, kwaśny, gorzki oraz umami (mięsny). Smak umami związany jest z obecnością w pokarmie substancji o nazwie glutaminian.

Impulsy nerwowe z komórek smakowych przekazywane są nerwami do mózgu. Nasze wrażenia smakowe są mieszaniną smaków podstawowych, temperatury pokarmu i wrażeń węchowych.

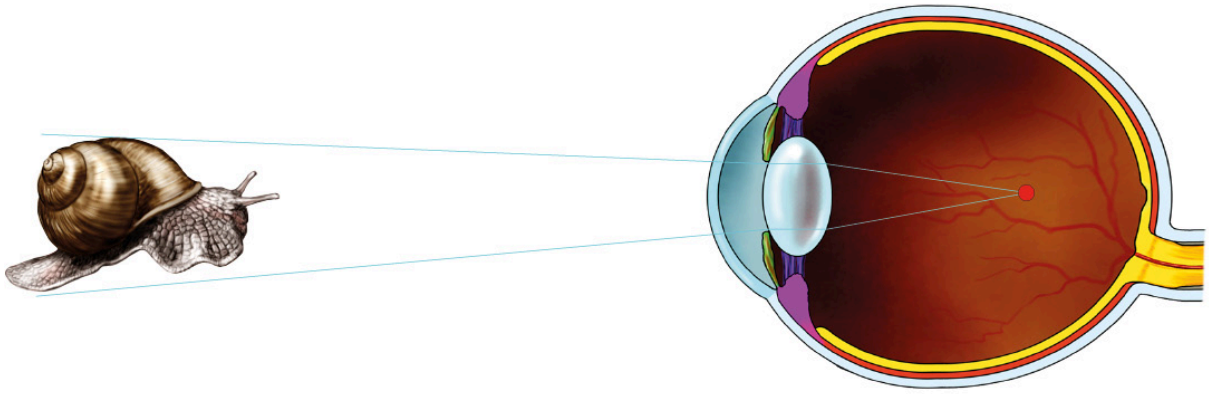
7.3. Podsumowanie

1. Za czucie chemiczne odpowiadają komórki receptorowe jamy nosowej (komórki węchowe) i języka (komórki smakowe).

8. Wybrane problemy medyczne

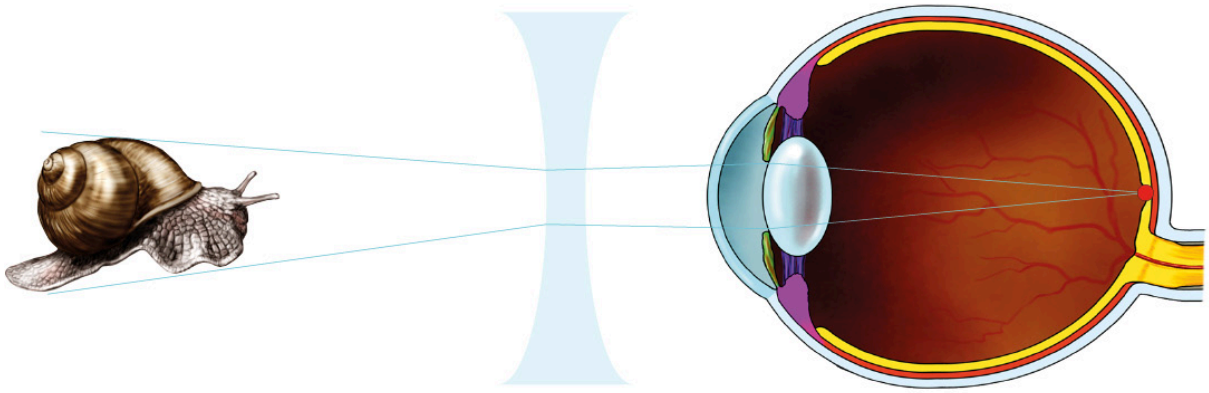
Ponad 70% informacji ze środowiska dostarczanych jest przez **narząd wzroku.** Coraz więcej ludzi ma problemy ze wzrokiem – różne wady utrudniają normalne widzenie. Najczęstsze wady wzroku to: krótkowzroczność, dalekowzroczność i astygmatyzm.

O **krótkowzroczności** mówimy, gdy obraz obiektów znajdujących się daleko skupiany jest przed siatkówką. Inaczej mówiąc, obrazy obiektów położonych dalej są rozmazane. Osoby z taką wadą wzroku mrużą oczy i wytężają wzrok na przykład czytając komunikaty na zawieszonych daleko tablicach informacyjnych. Korekcja polega na zastosowaniu okularów lub soczewek kontaktowych z odpowiednimi **soczewkami rozpraszającymi.** Ich moc optyczna podawana jest w dioptriach (ze znakiem minus).



Możliwe przyczyny:
- zbyt długa gałka oczna
- zbyt duża krzywizna soczewki lub rogówki

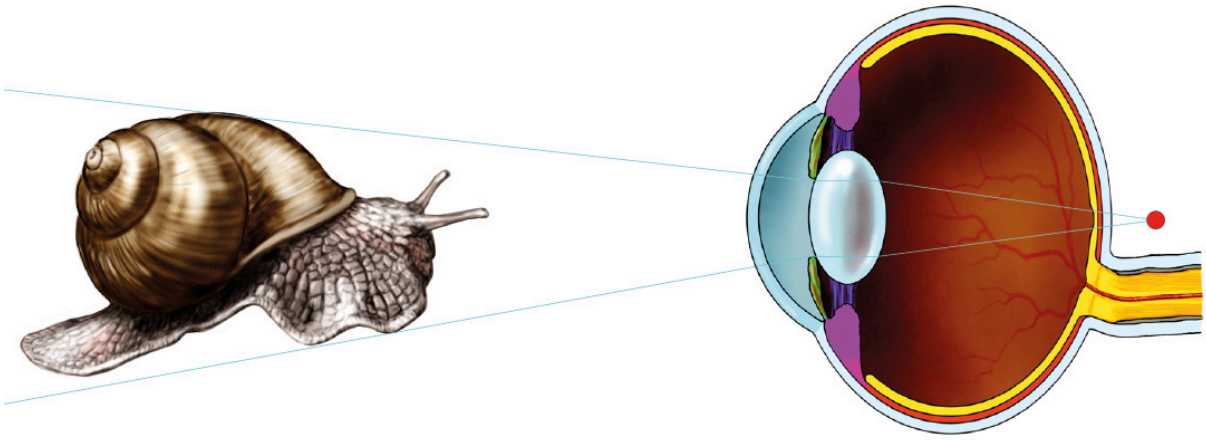
Krótkowzroczność: przed korekcją



Korekta ┌ soczewki rozpraszające
└ zabieg chirurgiczny

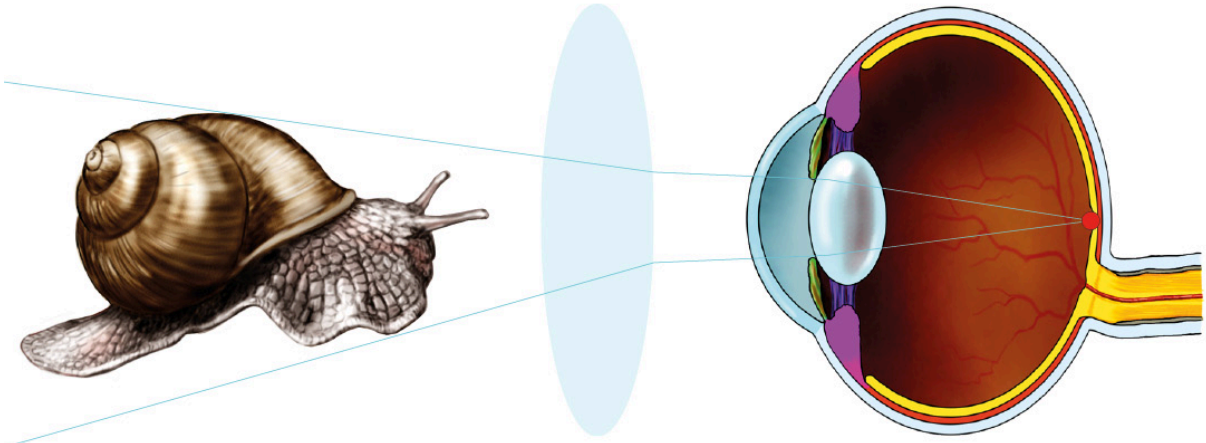
Krótkowzroczność: po korekcji

W przypadku **dalekowzroczności** obraz obiektów znajdujących się blisko skupiany jest za siatkówką. Inaczej mówiąc, zbyt mała „siła skupiająca" oka objawia się rozmazanymi obrazami obiektów położonych bliżej. Osoby z taką wadą wzroku wytężają wzrok na przykład czytając książkę (zwykle też ją odsuwają). Korekcja polega na zastosowaniu odpowiednich **soczewek skupiających**. Ich moc optyczna podawana jest w dioptriach (ze znakiem plus).



Możliwe przyczyny
- zbyt krótka gałka oczna
- zbyt mała krzywizna soczewki lub rogówki

Dalekowzroczność: przed korekcją



Korekta
- soczewki skupiające
- zabieg chirurgiczny

Dalekowzroczność: po korekcji

Astygmatyzm polega na tym, że obraz obiektów nie jest skupiany w jednym miejscu siatkówki, ale w kilku. Wynika to z nierównej powierzchni rogówki lub niewłaściwego kształtu soczewki. Osoby mające taką wadę wzroku widzą obrazy rozmyte. Korekcja polega na zastosowaniu

odpowiednich soczewek, najczęściej **cylindrycznych**.

Okuliści wyróżniają trzy stopnie krótkowzroczności:

niską – do -3,0 dioptrii,

średnią – od -3,0 do -7,0 dioptrii,

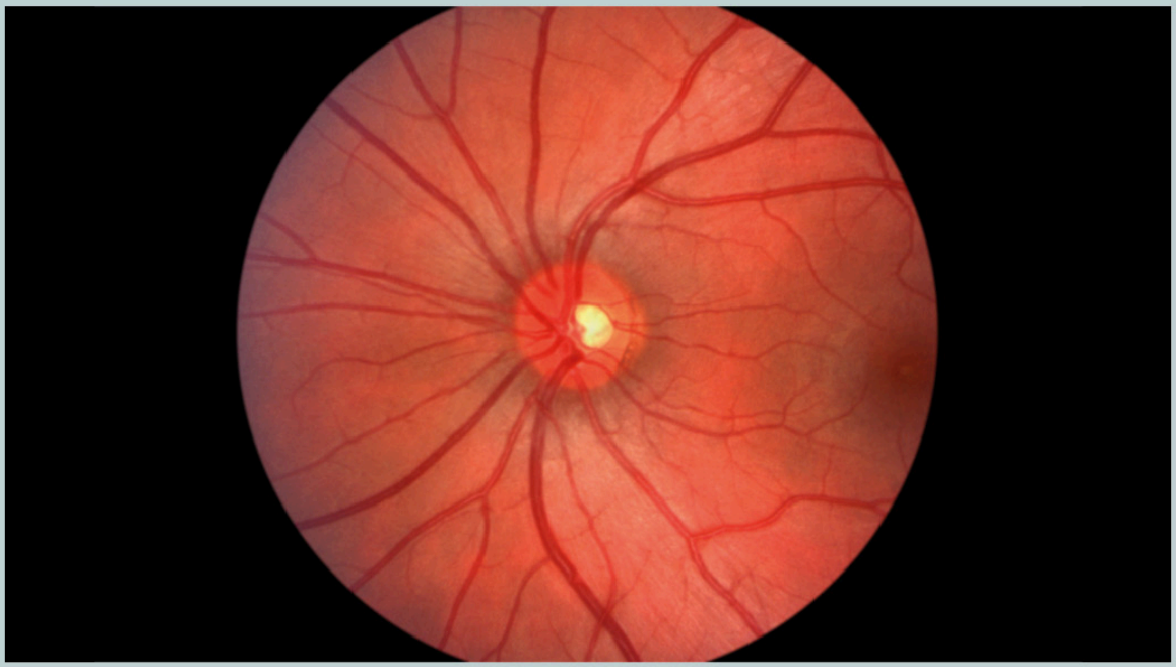
wysoką – powyżej -7,0 dioptrii.

W przypadku krótkowzroczności wysokiej korekcja optyczna może być już niemożliwa do osiągnięcia.

U wielu osób wraz z wiekiem dochodzi do stopniowej utraty przejrzystości soczewki oka i znacznego pogorszenia widzenia. Chorobę tę nazwano **zaćmą** albo inaczej kataraktą. Dzisiaj zaćmę leczy się chirurgicznie przez usunięcie zmętniałej soczewki i zastąpienie jej soczewką sztuczną o wysokiej przejrzystości. Zabiegi takie, wbrew pozorom, są bezpieczne i trwają zaledwie kilkanaście minut (na świecie wykonano ich już kilkadziesiąt milionów).

Kiedyś mówiono, że oczy są zwierciadłem duszy. Współczesny lekarz okulista powiedziałby raczej, że są zwierciadłem... stanu zdrowia pacjenta.

Badanie okulistyczne polegające na obserwacji dna oka za pomocą specjalnego urządzenia - **oftalmoskopu** - pozwala bowiem wykryć nie tylko nieprawidłowości w budowie siatkówki oraz nerwu wzrokowego, ale także niektóre groźne choroby, np. cukrzycę i nadciśnienie tętnicze.



9. Panel kontrolny Rozdziału XVI

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XVI (na www.terazwiedza.pl).

9.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 5. Budowa i funkcjonowanie oka

1. Wymień narządy zmysłów człowieka.
2. Wyjaśnij, w jaki sposób budowa oka umożliwia odbiór (percepcję) i przetwarzanie bodźców świetlnych.
3. Wymień główne struktury i funkcje aparatu ochronnego oka.

Polecenia do lekcji 6. Budowa i funkcjonowanie ucha

1. Zweryfikuj następujące stwierdzenie: Ucho jest jednocześnie narządem słuchu i równowagi.
2. Wytłumacz, w jaki sposób powstają wrażenia dźwiękowe.
3. Narysuj schemat ilustrujący drogę fali dźwiękowej od małżowiny usznej do ośrodków słuchowych kory mózgowej.
4. Przedstaw na rysunkach schematycznych, w jaki sposób ucho wewnętrzne odbiera informacje o zmianach położenia ciała.

Polecenia do lekcji 7. Czucie chemiczne – nos i język

1. Wymień przykłady substancji chemicznych wywołujących różne wrażenia węchowe i smakowe.
2. Wytłumacz, dlaczego komórki węchowe i smakowe zaliczane są do chemoreceptorów.
3. Wyjaśnij, dlaczego podczas kataru częściowo tracimy węch i smak.

Polecenia do lekcji 8. Wybrane problemy medyczne

1. Podaj przykłady wad wzroku i omów sposoby ich korygowania.
2. Przedstaw wpływ hałasu na zdrowie człowieka.
3. Opracuj wykaz podstawowych zasad właściwego dbania o wzrok i słuch.

9.2. Ważne pojęcia

• zmysł • narządy zmysłów • oko • twardówka • naczyniówka • siatkówka (pręciki, czopki) • plamka żółta • plamka ślepa • źrenica • soczewka • narządy dodatkowe oka: mięśnie, aparat ochronny • nerw wzrokowy • adaptacja i akomodacja oka • widzenie dalekie • widzenie bliskie

• ucho zewnętrzne: małżowina uszna, przewód słuchowy zewnętrzny • ucho środkowe: jama bębenkowa, kostki słuchowe, trąbka słuchowa • ucho wewnętrzne: błędnik kostny i błoniasty, przedsionek, ślimak, kanały półkoliste • nerw przedsionkowo-ślimakowy • częstotliwość dźwięku • natężenie dźwięku • próg bólu

• zmysł węchu • opuszka węchowa • nerw węchowy • zmysł smaku • brodawki smakowe języka • kubki smakowe

• krótkowzroczność • dalekowzroczność • astygmatyzm • zaćma (katarakta)

XVII. Układ rozrodczy człowieka

1. Układ rozrodczy męski

1.1. Wstęp

Proces tworzenia gamet rozpoczyna się w okresie **dojrzewania płciowego**. U chłopców zwykle około 12-13 roku życia, u dziewcząt nieco wcześniej – między 10 a 12 rokiem życia. Przyczyną jest gwałtowny wzrost wydzielania hormonów płciowych.

U chłopców, pod wpływem testosteronu, następuje szybki rozrost kości i mięśni szkieletowych. Powiększa się też krtań (pojawia się tzw. jabłko Adama), następuje zmiana głosu (okres przejściowy nazywany jest popularnie mutacją), skóra ulega pogrubieniu i pojawia się charakterystyczne dla mężczyzn owłosienie. Z kolei wzrost wydzielania estrogenów powoduje, że u dziewczynek następuje powiększenie gruczołów mlekowych, poszerzają się biodra (ramiona pozostają wąskie), pojawia się owłosienie na wzgórku łonowym i pod pachami. Zmiana głosu jest znacznie mniej wyraźna niż u chłopców. Skóra młodej kobiety pozostaje cienka i delikatna. Okres dojrzewania trwa kilka lat i u obu płci związany jest ze znaczną pobudliwością emocjonalną.

Cechy	Mężczyzna	Kobieta
Pierwszorzędowe (gruczoły rozrodcze)	jądra	jajniki
Drugorzędowe (pozostałe narządy rozrodcze)	m.in. prącie, najądrza, prostata	m.in. macica, pochwa
Trzeciorzędowe (inne)	szerokie ramiona, wąskie biodra, zarost na twarzy, niższy głos	wąskie ramiona, szerokie biodra, cienka skóra, delikatne rysy twarzy, rozwinięte gruczoły mlekowe

Mężczyźni i kobiety różnią się budową oraz czynnościami układu rozrodczego

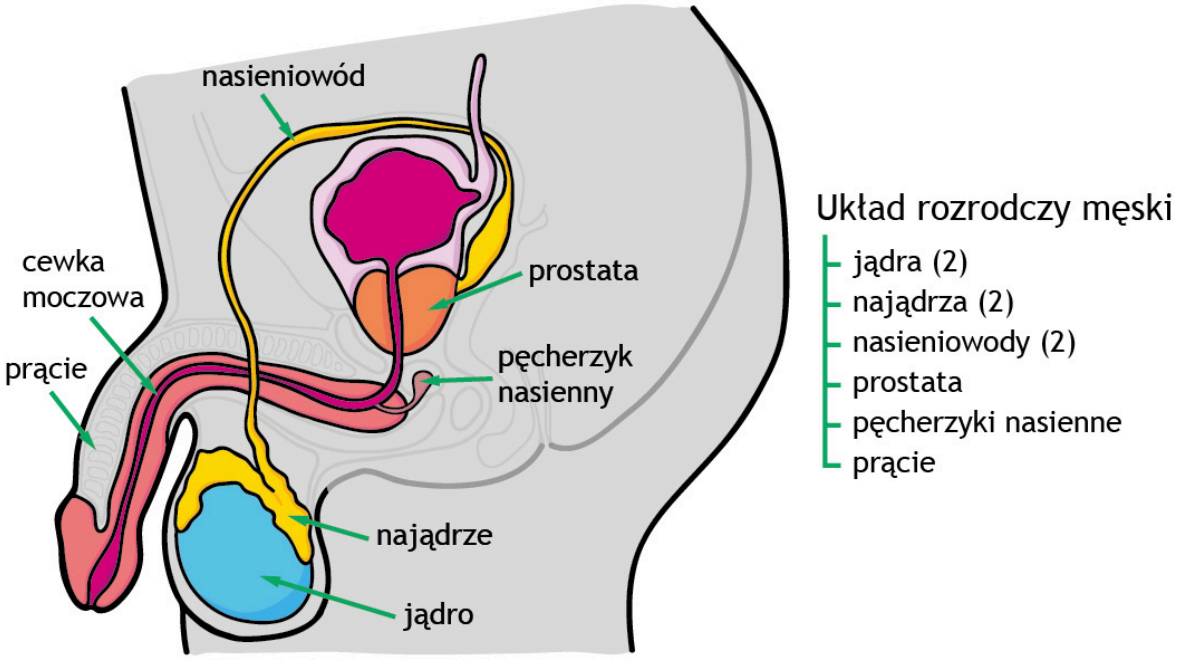
Mężczyzna i kobieta różnią się pod względem cech płciowych.

Pierwszorzędowymi cechami płciowymi są gruczoły rozrodcze (jądra i jajniki). Do **drugorzędowych cech płciowych** zaliczamy pozostałe narządy rozrodcze (m.in. prącie i macicę). Pozostałe wymienione cechy, które nie są bezpośrednio związane z rozmnażaniem się, to **trzeciorzędowe cechy płciowe**.

1.2. Budowa układu rozrodczego mężczyzny

Układ rozrodczy męski składa się z jąder, najądrzy, nasieniowodów, prącia (penisa) oraz prostaty i pęcherzyków nasiennych.

Jądra (parzyste gruczoły płciowe) oraz najądrza znajdują się w worku mosznowym (poza jamą brzuszną). Temperatura w mosznie jest o kilka stopni niższa niż we wnętrzu jamy ciała. Dzięki temu proces powstawania plemników przebiega bez zakłóceń (w wyższej temperaturze powstaje dużo nieprawidłowych plemników).



Budowa męskiego układu rozrodczego

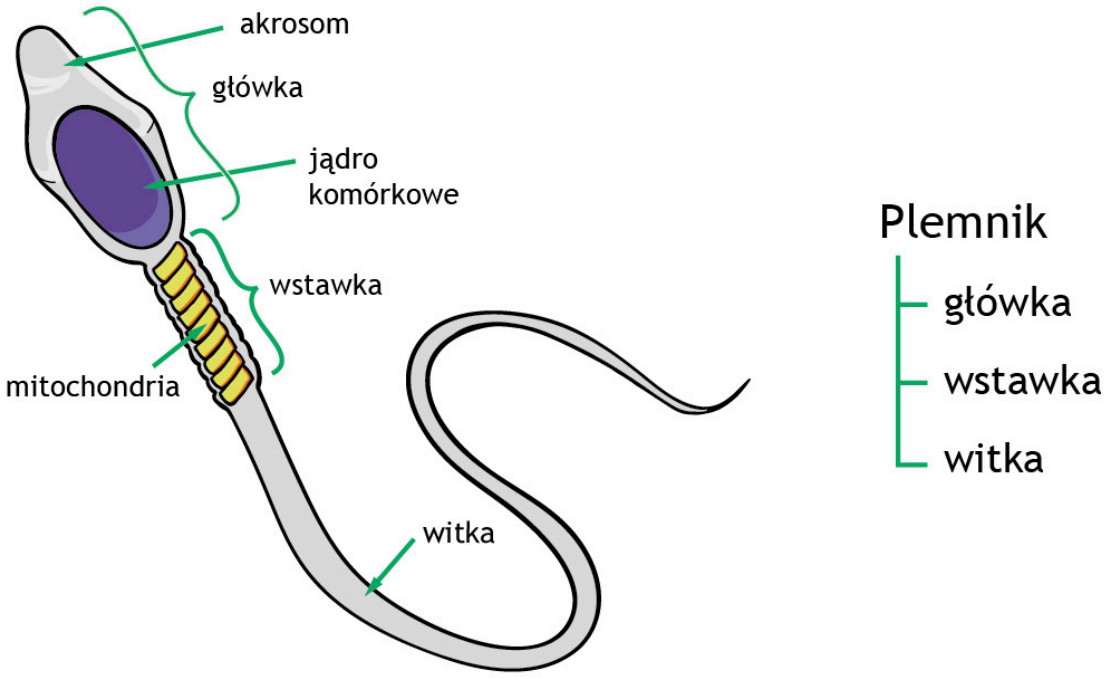
Każde jądro zbudowane jest z cienkich, długich i splątanych **kanalików nasiennych**. W kanalikach nasiennych powstają **plemniki**. W jądrach znajdują się także komórki produkujące hormony płciowe męskie – androgeny (głównie testosteron). Z jąder plemniki wędrują do najądrzy, gdzie dojrzewają i są przechowywane.

Z najądrzy wychodzą długie, pojedyncze **nasieniowody**. Do nasieniowodów uchodzą pęcherzyki nasienne. Po przejściu przez prostatę nasieniowody łączą się w pojedynczą cewkę moczową. Pęcherzyki nasienne i **prostata** (gruczoł krokowy) produkują płynną wydzielinę, która zawiera wodę, sole mineralne oraz substancje odżywcze i pobudzające ruchliwość plemników.

1.3. Powstawanie plemników

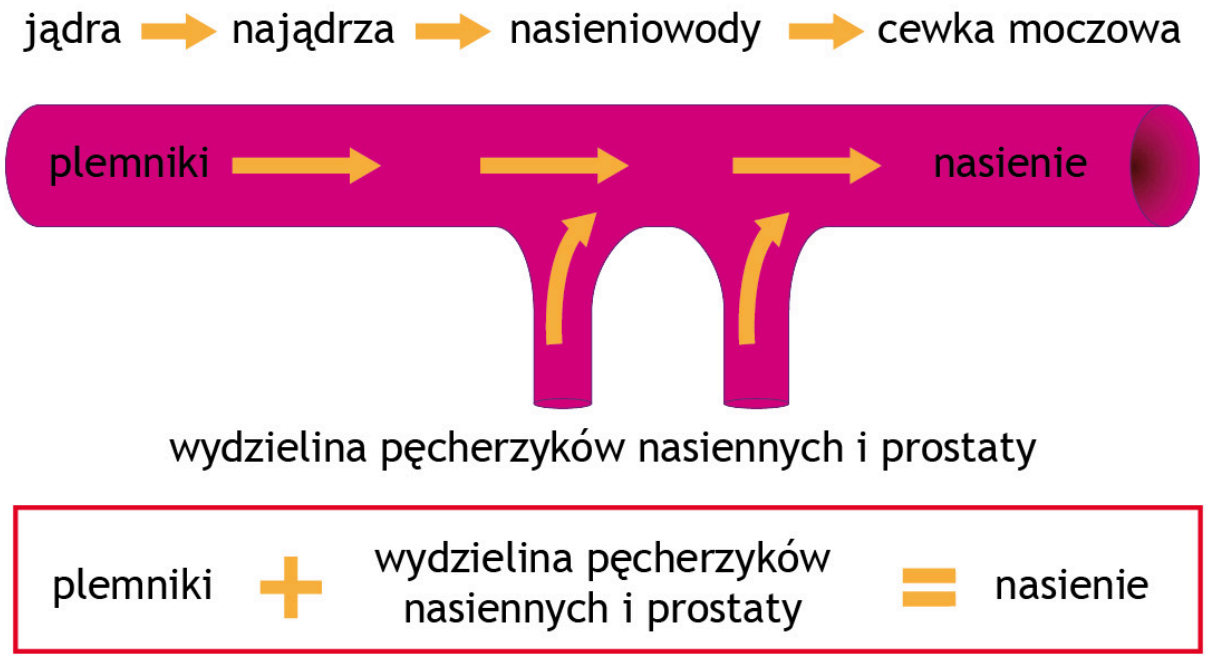
Proces tworzenia **plemników** rozpoczyna się w wieku pokwitania. Pod wpływem męskich hormonów płciowych komórki znajdujące się w ścianach kanalików nasiennych intensywnie dzielą się mitotycznie. Większość z setek milionów powstających komórek przechodzi następnie mejozę, a haploidalne komórki potomne przekształcają się w plemniki.

Dojrzały plemnik składa się z trzech elementów: główki, wstawki i witki. W **główce** plemnika wyróżniamy jądro komórkowe oraz akrosom. Jądro zawiera materiał genetyczny (DNA) determinujący cechy dziecka. **Akrosom** zawiera enzymy ułatwiające wniknięcie plemnika do komórki jajowej (enzymy akrosomu rozpuszczają osłonkę przejrzystą). We **wstawce** znajdują się ciasno upakowane mitochondria. W nich uwalniana jest energia niezbędna do poruszania się **witki**. Dzięki niej plemniki poruszają się sprawnie i szybko.



Budowa plemnika

Wydzielina pęcherzyków nasiennych i prostaty oraz zawieszone w niej plemniki to **nasienie** (sperma). Podczas **stosunku płciowego** sperma dostaje się do pochwy.



Powstawanie nasienia - schemat procesu

1.4. Podsumowanie

1. Człowiek jest organizmem rozdzielnopłciowym. Mężczyźni i kobiety mają zróżnicowane pod względem budowy i funkcji układy rozrodcze.

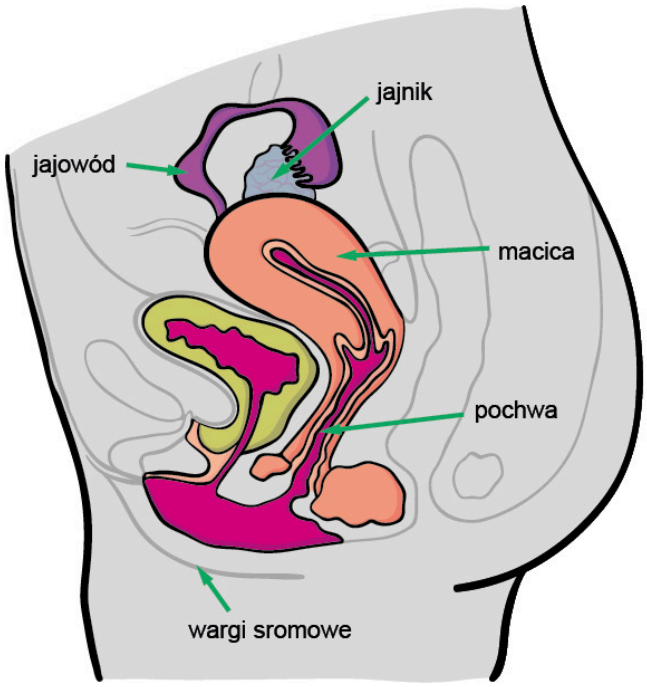
2. Męski układ rozrodczy składa się z jąder położonych w worku mosznowym, najądrzy, pęcherzyków nasiennych, prostaty (gruczołu krokowego), nasieniowodów i prącia. W jądrach znajdują się kanaliki nasienne, w których wytwarzane są plemniki oraz hormony męskie, między innymi testosteron.

3. Plemniki powstają w procesie podziału mejotycznego, są zdolne do poruszania się (mają witkę). Po opuszczeniu kanalików nasiennych plemniki przemieszczają się do najądrzy, a następnie do nasieniowodów uchodzących do cewki moczowej przebiegającej w prąciu. Plemniki wraz z płynną wydzieliną pęcherzyków nasiennych i prostaty (gruczołu krokowego) tworzą nasienie (spermę).

2. Układ rozrodczy żeński

2.1. Budowa układu rozrodczego kobiety

Układ rozrodczy żeński składa się z **narządów płciowych zewnętrznych** oraz **narządów płciowych wewnętrznych**. Narządami płciowymi zewnętrznymi są: wargi sromowe (większe i mniejsze) oraz łechtaczka. Jajniki, jajowody, macica i pochwa są narządami płciowymi wewnętrznymi.



Budowa żeńskiego układu rozrodczego

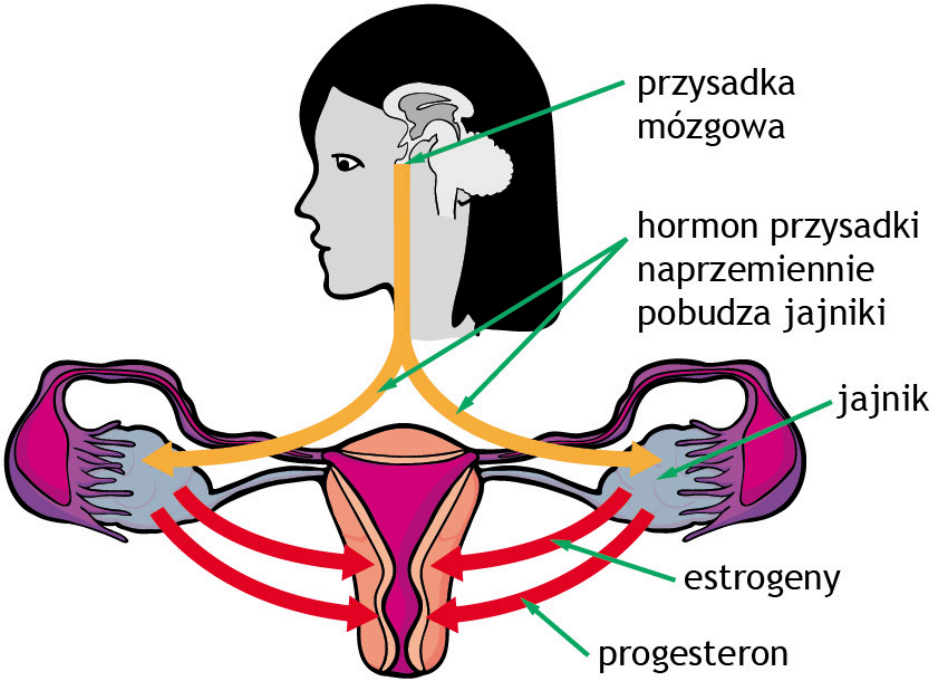
Jajniki (parzyste gruczoły płciowe) położone są w dolnej części jamy brzusznej. U dorosłej kobiety mierzą około 5 cm długości i kształtem przypominają migdały. W jajnikach znajdują się liczne pęcherzyki jajnikowe (po kilkaset tysięcy). Pojedynczy **pęcherzyk jajnikowy** składa się z **komórki jajowej**, którą otaczają liczne małe komórki odżywcze. **Jajowody** są szerokimi przewodami łączącymi jajniki z macicą. Nabłonek jajowodów jest urzęsiony.

Macica jest mięsistym narządem, który kształtem przypomina gruszkę. W macicy wyróżniamy trzon i szyjkę. Trzon (górna część) jest znacznie szerszy niż szyjka. Macica ma grubą ścianę zbudowaną z mięśni gładkich. Od wewnątrz wyścielana jest błoną śluzową z licznymi naczyniami

krwionośnymi. Szyjka macicy wnika do elastycznej **pochwy**, która uchodzi na zewnątrz ciała. Pochwa jest narządem kopulacyjnym i kanałem rodnym.

2.2. Cykl miesiączkowy

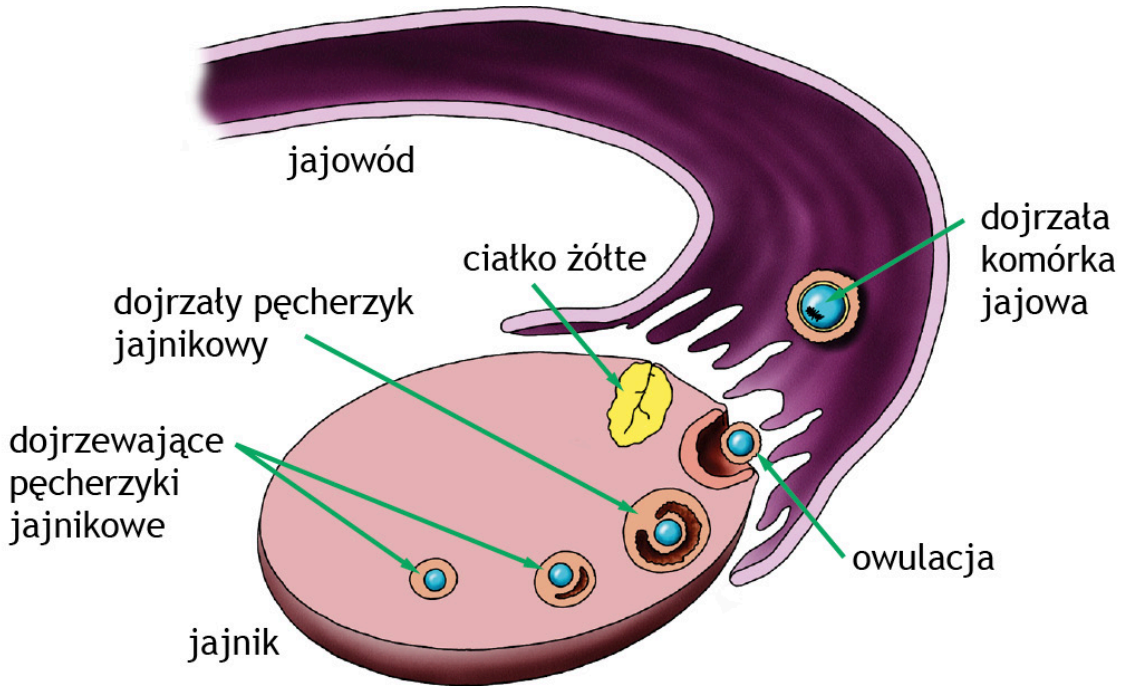
Układ rozrodczy kobiety funkcjonuje zupełnie inaczej niż układ rozrodczy mężczyzny. W organizmie kobiety – od momentu osiągnięcia dojrzałości płciowej aż do menopauzy – zachodzą **cykliczne zmiany** związane z dojrzewaniem i uwalnianiem pojedynczych komórek jajowych oraz przygotowaniem organizmu na możliwą ciążę. Zmiany te nazwano **cyklem miesiączkowym** (menstruacyjnym). Najczęściej jeden taki cykl trwa 26-30 dni (średnio 28).



Wpływ przysadki mózgowej na jajniki

Każdy cykl zaczyna się **krwawieniem miesiączkowym** (menstruacją). Jest to naturalny proces złuszczania się błony śluzowej macicy, trwający około 4 dni. W tym czasie przysadka mózgowa wydziela hormon pęcherzykowy powodujący dojrzewanie pęcherzyków jajnikowych. Najczęściej pęcherzyki dojrzewają na przemian – raz w lewym, raz w prawym jajniku. Pod wpływem innego hormonu przysadki mózgowej (luteinizującego) dojrzały pęcherzyk jajnikowy (pęcherzyk Graafa) pęka i uwalnia komórkę jajową. Jest to moment **owulacji** (jajeczkowania).

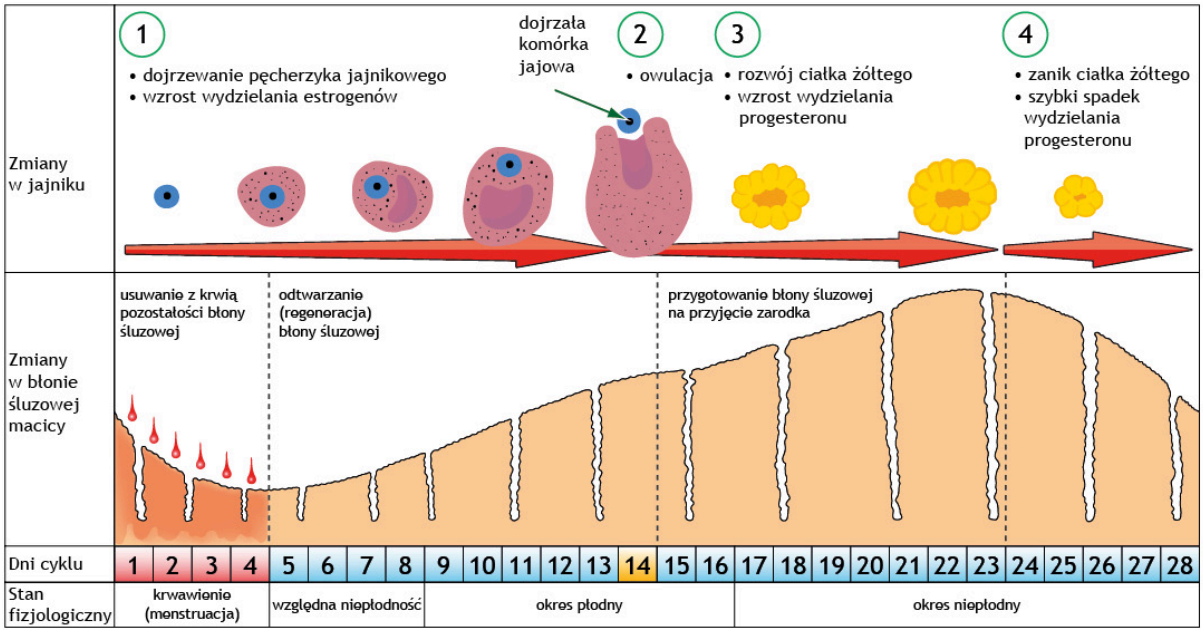
Owulacja następuje około 14-16 dnia cyklu.



Dojrzewanie pęcherzyka jajnikowego i owulacja

Uwolniona komórka jajowa przesuwa się do jajowodu, natomiast pusty pęcherzyk jajnikowy przekształca się w **ciałko żółte**. Jego komórki wydzielają hormon – **progesteron**. Pod wpływem progesteronu błona śluzowa macicy pogrubia się i przygotowuje na przyjęcie zarodka. Jednocześnie wysoki poziom progesteronu hamuje wydzielanie hormonu dojrzewania pęcherzyków Graafa.

Jeśli nie dojdzie do zapłodnienia, ciałko żółte stopniowo zanika. Zanikające ciałko żółte przestaje wydzielać progesteron. Spadek poziomu progesteronu wywołuje kolejne krwawienie miesiączkowe. Następuje też odblokowanie czynności przysadki mózgowej. Tak więc po 28 dniach cykl rozpoczyna się na nowo.


Zmiany w jajniku
1
• dojrzewanie pęcherzyka jajnikowego
• wzrost wydzielania estrogenów
dojrzała komórka jajowa
2
• owulacja
3
• rozwój ciałka żółtego
• wzrost wydzielania progesteronu
4
• zanik ciałka żółtego
• szybki spadek wydzielania progesteronu
Zmiany w błonie śluzowej macicy
usuwanie z krwią pozostałości błony śluzowej
odtwarzanie (regeneracja) błony śluzowej
przygotowanie błony śluzowej na przyjęcie zarodka
Dni cyklu
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28
Stan fizjologiczny
krwawienie (menstruacja)
względna niepłodność
okres płodny
okres niepłodny

2.3. Podsumowanie

1. Żeński układ rozrodczy tworzą narządy wewnętrzne: parzyste jajniki, jajowody, macica i pochwa. Ujście pochwy otaczają żeńskie narządy zewnętrzne: wargi sromowe mniejsze i większe.

2. Jajniki są gruczołami rozrodczymi zawierającymi pęcherzyki jajnikowe z niewykształconymi w pełni komórkami jajowymi. Produkują także żeńskie hormony płciowe (estrogeny).

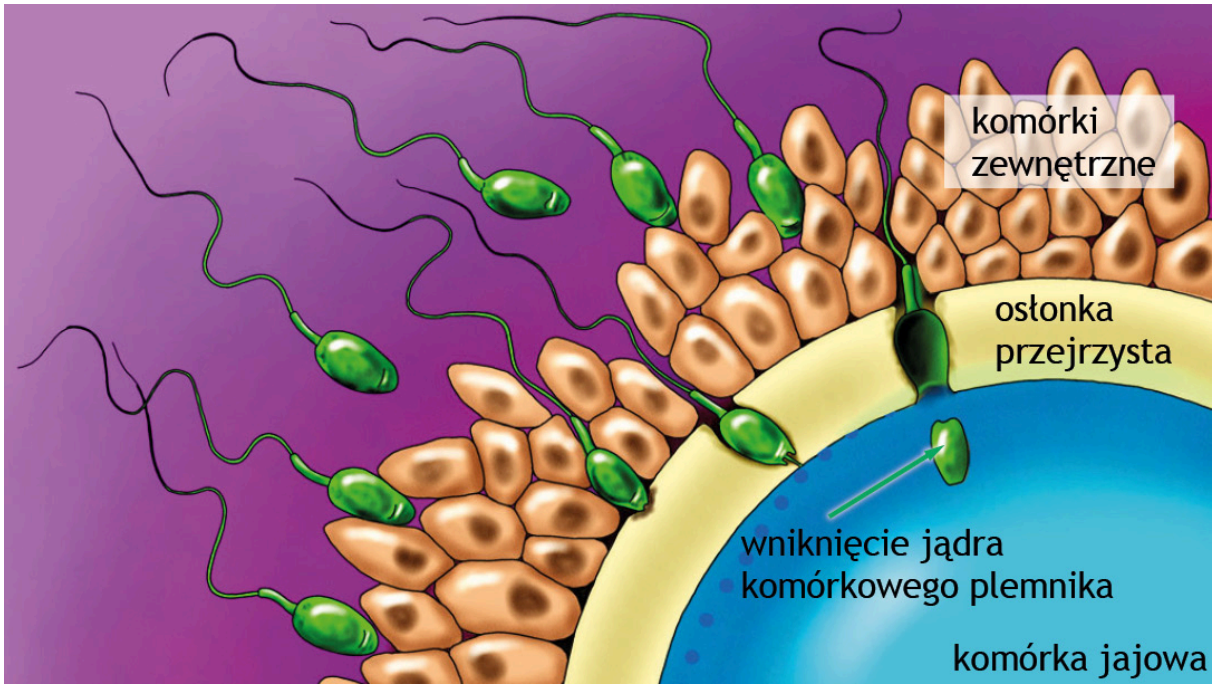
3. Pęcherzyki jajnikowe, począwszy od okresu dojrzewania do menopauzy, co miesiąc uwalniają komórkę jajową zdolną do zapłodnienia. Cykl miesiączkowy podlega regulacji hormonalnej, w której uczestniczy przysadka mózgowa i jajniki.

4. Jeśli nie dojdzie do zapłodnienia, dochodzi do krwawienia miesiączkowego (menstruacji) i rozpoczęcia produkcji hormonów inicjujących kolejny cykl miesiączkowy.

3. Zapłodnienie, ciąża i poród

3.1. Zapłodnienie

Komórka jajowa otoczona jest osłonką przejrzystą i wieńcem drobnych komórek zewnętrznych (wieńcem promienistym). **Osłonka przejrzysta** uniemożliwia wniknięcie więcej niż jednego plemnika do komórki jajowej. **Komórki zewnętrzne** pełnią funkcje odżywcze. Komórka jajowa może zostać zapłodniona tylko w ciągu 24 godzin od momentu owulacji.

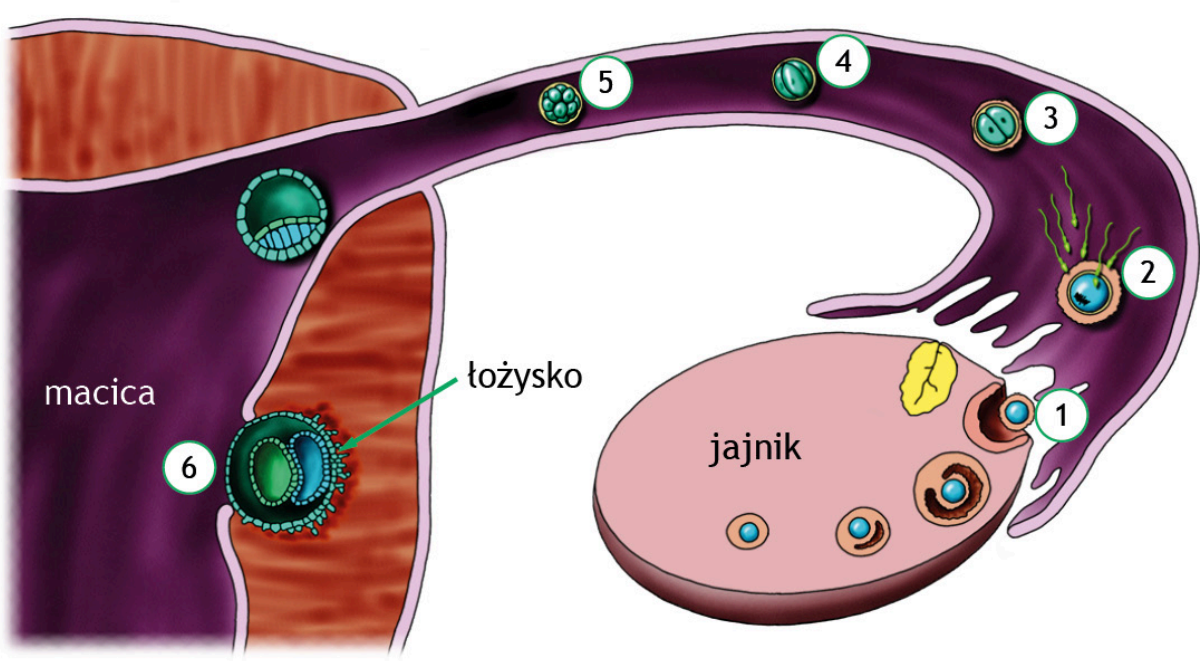


Moment zapłodnienia

3.2. Ciąża i poród

Moment powstania zygoty jest początkiem nowego życia. Okres od **zapłodnienia** do momentu **narodzin**, czyli **ciążę**, umownie dzielimy na rozwój zarodkowy oraz rozwój płodowy. **Rozwój zarodkowy** trwa około 8 tygodni od zapłodnienia. Na początku 3 miesiąca ciąży, kiedy zarodek ma już cechy charakterystyczne dla człowieka, rozpoczyna się **rozwój płodowy**. Ciąża trwa najczęściej 280 dni. Zarodek powstaje w wyniku podziałów zygoty. Pierwszy podział mitotyczny zachodzi zwykle około 28 godzin od momentu powstania zygoty. Około 10 dnia następuje zagnieżdżenie zarodka w ścianie macicy, czyli **implantacja**. W tym momencie zarodek jest już malutkim pęcherzykiem zbudowanym z ponad

200 komórek. Tuż po implantacji zaczyna rozwijać się łożysko.



Wczesne stadia rozwoju zarodkowego człowieka:

1. Jajeczkowanie – uwolnienie dojrzałej komórki jajowej.

2. Zapłodnienie – zlanie się zawartości jednego z plemników z komórką jajową. Powstaje zygota.

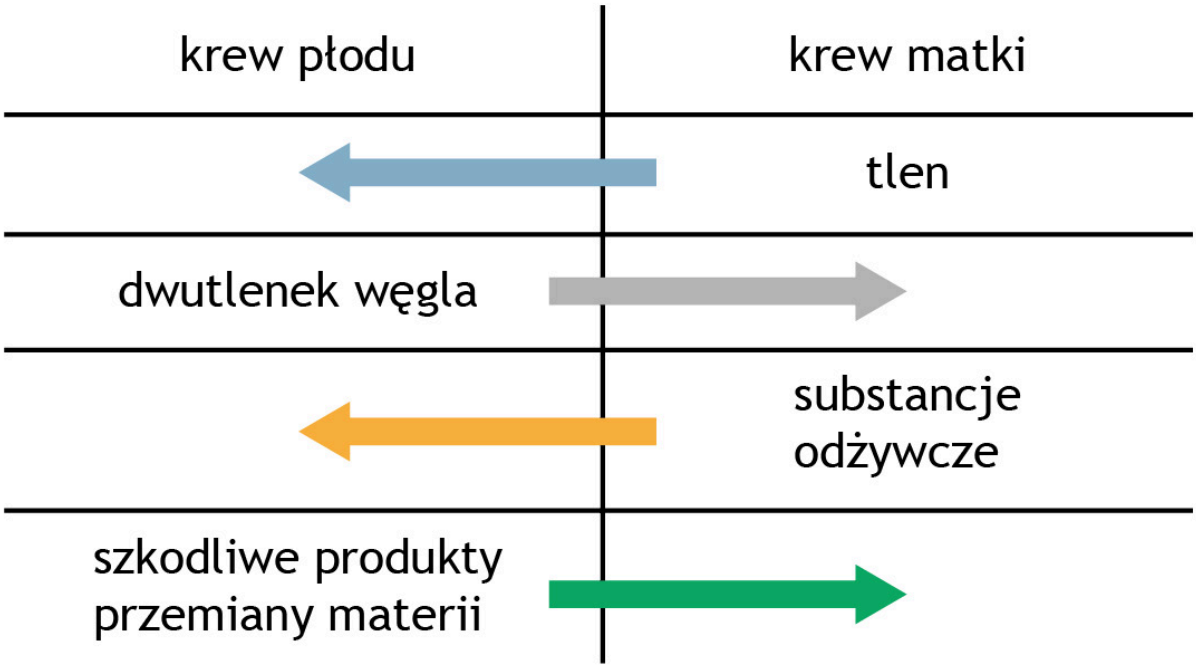
3. Pierwszy podział zygoty – powstają dwie komórki zarodkowe.

4. Drugi podział komórkowy zachodzi ok. 48 godzin po zapłodnieniu – powstają cztery komórki zarodkowe.

5. Kolejne podziały komórkowe – zarodek ma kilkanaście komórek i ok. 3 dni po zapłodnieniu wyglądem przypomina owoc morwy.

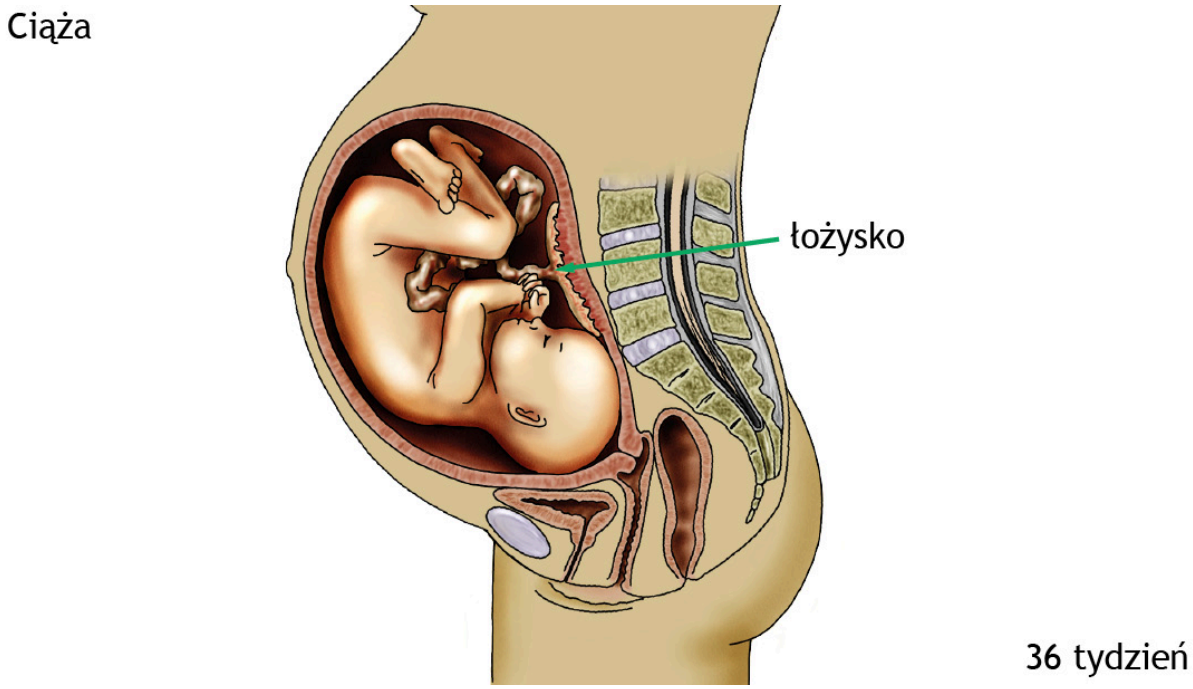
6. Implantacja i początek tworzenia łożyska.

Łożysko rozwija się w miejscu, gdzie kosmówka zarodka przylega do błony śluzowej macicy. Jest narządem bardzo silnie ukrwionym, który przez pępowinę łączy matkę z dzieckiem. W łożysku następuje intensywna **wymiana substancji** między organizmem matki i potomka (jednakże krew matki i dziecka się nie mieszają!).



Wymiana substancji przez łożysko

Po upływie 12 tygodni życia zarodek ma niecałe 6 cm długości, waży zaledwie kilkanaście gramów, jednak ma już głowę, kończyny i wyodrębnione wszystkie układy narządów. **Rozwój płodowy** związany jest z szybkim wzrostem masy ciała. Już w 3 miesiącu życia działa układ nerwowy płodu. W 4 dziecko potrafi już odróżniać dźwięki. Pięciomiesięczny płód zaczyna się ruszać. W 7 miesiącu zaczynają się rozwijać pęcherzyki płucne, chociaż płuca jeszcze nie pracują. Pod koniec 8 miesiąca ciąży wszystkie układy płodu są już odpowiednio rozwinięte. Od tego momentu dziecko przygotowuje się do przyjścia na świat (m.in. gromadzi podskórną tkankę tłuszczową).



Ciąża - rozwój płodowy

Poród jest trudnym momentem przyjścia na świat dziecka oraz wydalenia łożyska i błon płodowych. W czasie porodu dochodzi do regularnych skurczów macicy i mięśni brzucha, które umożliwiają wypchnięcie płodu przez kanał rodny. Poród może trwać nawet kilkadziesiąt godzin. Okres po porodzie nazywany jest połogiem.

3.3. Podsumowanie

1. W przypadku zapłodnienia komórka jajowa (zygota) dzieli się mitotycznie i jajowodem przemieszcza w kierunku macicy. Po kilkunastu dniach wielokomórkowy zarodek zagnieżdża się w macicy, gdzie przebiega jego dalszy rozwój. Składa się on z fazy rozwoju zarodkowego (do 8 tygodnia) i płodowego.

2. W trakcie rozwoju zarodka tworzą się błony płodowe umożliwiające prawidłowy rozwój embrionu. Część jednej z błon płodowych (kosmówka) łączy się z błoną śluzową macicy, tworząc łożysko. Łożysko, połączone z zarodkiem pępowiną, zapewnia wymianę substancji między matką a embrionem oraz produkuje hormony umożliwiające prawidłowy rozwój ciąży i poród. Rozwój płodowy charakteryzuje się szybkim wzrostem i ostatecznym wykształceniem się narządów. W 9 miesiącu płód jest całkowicie rozwinięty i zdolny do życia poza organizmem matki.

3. Poród związany jest z regularnymi skurczami macicy i mięśni brzucha, które umożliwiają wypchnięcie płodu przez kanał rodny. Po przyjściu dziecka na świat odcinana jest pępowina oraz wydalane są błony płodowe i łożysko.

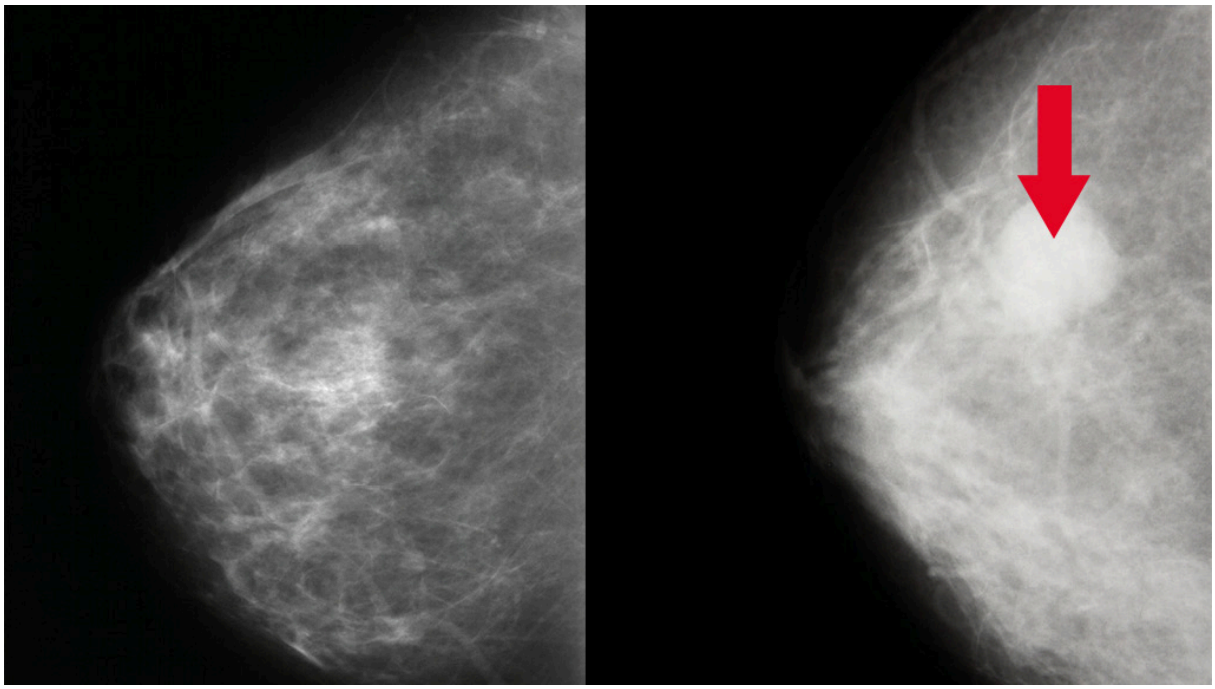
4. Wybrane problemy medyczne

4.1. Higiena i choroby

Higiena narządów rozrodczych obejmuje codzienne mycie intymnych okolic ciała oraz zmianę bielizny osobistej. Dla kobiet szczególnie ważne jest zachowanie czystości w czasie krwawienia miesiączkowego. Kobiety w ciąży powinny bezwzględnie przestrzegać zakazu palenia papierosów, picia alkoholu, dbać o prawidłową dietę i wypoczynek. Ważna jest też stała opieka lekarska.

Obecnie u wielu kobiet rozwija się nowotwór sutka, popularnie nazywany **rakiem piersi.** Ten złośliwy nowotwór można leczyć, ale ważne jest jego wczesne rozpoznanie. Istotne są więc **regularne badania** obejmujące **samokontrolę piersi**, **USG piersi** oraz tzw. **mammografię**. Profilaktyka jest też warunkiem wczesnego wykrywania nowotworu szyjki macicy (badania cytologiczne).

Ginekolog powinien pokazać, jak prawidłowo przeprowadzić samodzielne badanie piersi



Badania mammograficzne pozwalają wykryć raka piersi (zmiany patologiczne w piersiach)

Bardzo duże niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia niosą **choroby przenoszone drogą płciową** (np. AIDS, kiła, rzeżączka). Najlepszym sposobem zapobiegania im jest unikanie przypadkowych kontaktów seksualnych. Znacznie częstsze są stany zapalne dróg rodnych kobiet i cewki moczowej mężczyzn, wywoływane przez bakterie, grzyby i protisty pasożytnicze.

Ważne! W ostatnich latach nasienie niektórych mężczyzn zawiera zbyt małą ilość plemników (poniżej 20 mln/ml nasienia), aby możliwe było poczęcie dziecka. Nie wiadomo dokładnie, jakie czynniki powodują bezpłodność męską, ale wydaje się, że duże znaczenie może mieć nadużywanie alkoholu, narkotyków, stres i wzrost zanieczyszczenia środowiska.

4.2. Podsumowanie

1. Higiena narządów rozrodczych obejmuje codzienne mycie intymnych okolic ciała oraz zmianę bielizny osobistej. Dla kobiet szczególnie ważne jest zachowanie czystości w czasie krwawienia miesiączkowego.

2. Niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia niosą choroby przenoszone drogą płciową (np. AIDS, kiła, rzeżączka) oraz nowotwory.

3. Kobiety w ciąży powinny bezwzględnie przestrzegać zakazu palenia papierosów, picia alkoholu, dbać o prawidłową dietę i wypoczynek oraz być

pod stałą opieka lekarską.

5. Panel kontrolny Rozdziału XVII

Rozbudowane możliwości sprawdzenia swojej wiedzy znajdziesz na naszej stronie internetowej w panelu kontrolnym Kursu XVII (na www.terazwiedza.pl).

5.1. Polecenia kontrolne

Polecenia do lekcji 1. Układ rozrodczy męski

1. Omów budowę i funkcje narządów męskiego układu rozrodczego.

2. Przedstaw na schematycznym rysunku budowę plemnika i wyjaśnij funkcje poszczególnych jego elementów.

3. Wyjaśnij, jaką funkcję pełnią wydzieliny gruczołów pęcherzykowatych i prostaty.

Polecenia do lekcji 2. Układ rozrodczy żeński

1. Omów budowę i funkcje narządów żeńskiego układu rozrodczego.

2. Omów przebieg cyklu miesiączkowego.

3. Porównaj przebieg cyklu miesiączkowego w dwóch sytuacjach: gdy dochodzi do zapłodnienia oraz gdy do niego nie dochodzi.

Polecenia do lekcji 3. Zapłodnienie, ciąża i poród

1. Wyjaśnij, na czym polega zapłodnienie i podaj, gdzie ono zachodzi.

2. Scharakteryzuj etapy przebiegu rozwoju embrionalnego człowieka.

3. Omów rolę łożyska i pępowiny w rozwoju zarodkowym i płodowym człowieka.

Polecenia do lekcji 4. Wybrane problemy medyczne układu rozrodczego

1. Przedstaw wpływ takich czynników, jak alkohol i dym papierosowy na rozwój zarodka i płodu.

2. Podaj przykłady i konsekwencje chorób przenoszonych drogą płciową.

3. Opracuj wykaz podstawowych zasad higieny układu rozrodczego i profilaktyki chorób przenoszonych drogą płciową.

5.2. Ważne pojęcia

• dymorfizm płciowy • rozmnażanie płciowe • układ rozrodczy męski:

jądra, najądrza, nasieniowody, pęcherzyki nasienne, prostata, cewka moczowa, prącie • nasienie (sperma) • plemnik: główka (akrosom i jądro komórkowe), wstawka, witka • układ rozrodczy żeński: narządy płciowe wewnętrzne (jajniki, jajowody, macica, pochwa), narządy płciowe zewnętrzne (wargi sromowe, łechtaczka) • cykl miesiączkowy (menstruacyjny) • pęcherzyk Graafa • krwawienie miesiączkowe • faza przedowulacyjna • owulacja • faza poowulacyjna

• ciąża • zapłodnienie • zygota • implantacja zarodka • łożysko • rozwój zarodkowy • rozwój płodowy • poród

• USG piersi • mammografia • badania cytologiczne • AIDS • rzęsistkowica • choroby weneryczne: kiła, rzeżączka

System do nauki biologii online (LMS)

jeszcze więcej grafik i zdjęć

filmy

animacje

testy interaktywne.

www.terazwiedza.pl

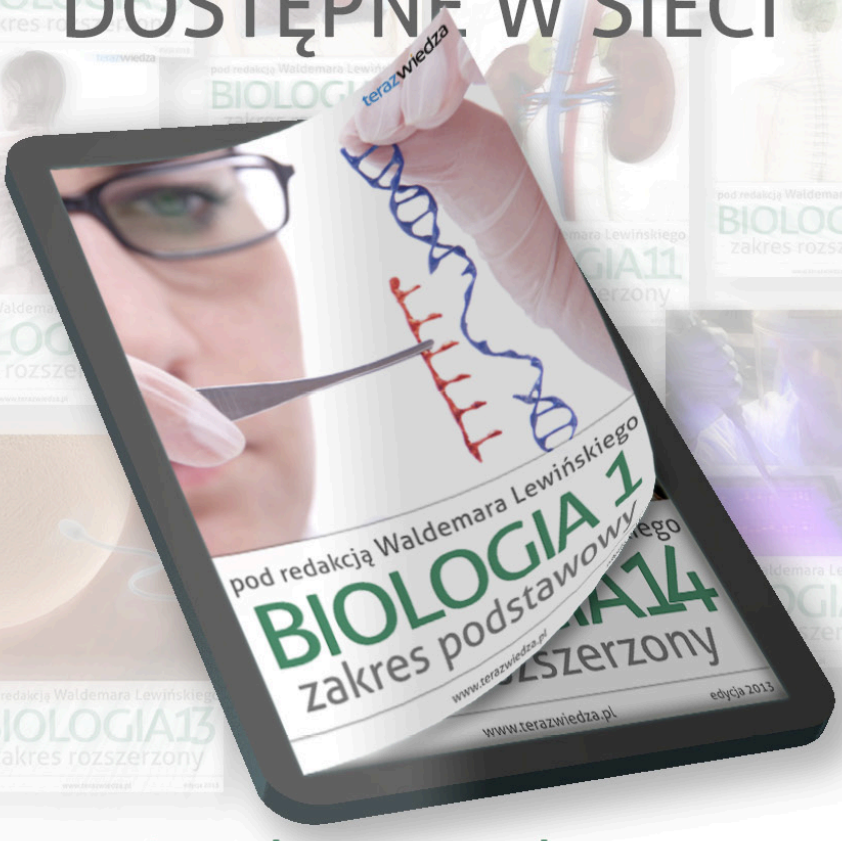
Sprawdź już teraz!

BIOLOGIA

LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCE

pod redakcją Waldemara Lewińskiego

PIERWSZE E-PODRĘCZNIKI JUŻ NIEDŁUGO DOSTĘPNE W SIECI



| smartfon | tablet | komputer |

Agencje fotograficzne: zdjęcia, grafiki i filmy

© Accent/Fotolia.com © Ackley Road Photos/Fotolia.com © alexonline/Fotolia.com © Alx/Fotolia.com © John Anderson/Fotolia.com © FLORIAN ANDRONACHE/Fotolia.com © Yuri Arcurs/Fotolia.com © arenysam/Fotolia.com © Ariusz/Fotolia.com © arsdigital.de/Fotolia.com © john Barber/Fotolia.com © Martina Berg/Fotolia.com © BlueOrange Studio/Fotolia.com © Iain Boyd/Fotolia.com © James Bradshaw/Fotolia.com © Alex Bramwell/Fotolia.com © Thomas Brandt/Fotolia.com © Steve Byland/Fotolia.com © Richard Carey/Fotolia.com © gavin Chapman/Fotolia.com © chuc.de/Fotolia.com © daniel cordonnier/Fotolia.com © cphoto/Fotolia.com © cris13/Fotolia.com © crisod/Fotolia.com © cristi180884/Fotolia.com © hakan çorbacı/Fotolia.com © dabjola/Fotolia.com © Andrea Danti/Fotolia.com © Roman Dekan © Garry DeLong/Fotolia.com © serge dherin/Fotolia.com © DirkR/Fotolia.com © Dmitry/Fotolia.com © Dob's Farm/Fotolia.com © eblue/Fotolia.com © EcoView/Fotolia.com © eichnersmith/Fotolia.com © emer/Fotolia.com © epantha/Fotolia.com © Ericos/Fotolia.com © ewanc/Fotolia.com © fafoutis/Fotolia.com © susan flashman/Fotolia.com © Bert Folsom/Fotolia.com © Fotografik/Fotolia.com © Fotoskat/Fotolia.com © Vladislav Gajic/Fotolia.com © Áment Gellért/Fotolia.com © Eric Gevaert/Fotolia.com © Yaroslav Gnatuk/Fotolia.com © Regis Gontier/Fotolia.com © GraphicHead/Fotolia.com © Tatiana Grozetskaya/Fotolia.com © GWH/Fotolia.com © haemengine/Fotolia.com © Ronnie Howard/Fotolia.com © Attila Huszti/Fotolia.com © Tim HvW/Fotolia.com © Eric Isselée/Fotolia.com © iMAGINE/Fotolia.com © ItinerantLens/Fotolia.com © ixvor/Fotolia.com © jespel/Fotolia.com © jscalev/Fotolia.com © StarJumper/Fotolia.com © JYF/Fotolia.com © Sven Kamin/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © Cathy Keifer/Fotolia.com © Trevor Kelly/Fotolia.com © Kelpfish/Fotolia.com © Katrin Koller/Fotolia.com © ktsdesign/Fotolia.com © Kaido Kärner/Fotolia.com © LaChinita/Fotolia.com © leafy/Fotolia.com © David Lefort/Fotolia.com © lioneldivepix/Fotolia.com © MAL

TAYLOR/Fotolia.com © Kev Maltese-Crottier/Fotolia.com © Petr Mašek/Fotolia.com © milosluz/Fotolia.com © Evgeniy Mitroshkin/Fotolia.com © Mopic/Fotolia.com © Nemo1024/Fotolia.com © Kai Michael Neuhold/Fotolia.com © NIK/Fotolia.com © Duncan Noakes/Fotolia.com © ostromec/Fotolia.com © outdoorsman/Fotolia.com © claudiu paizan/Fotolia.com © Luc PATUREAU/Fotolia.com © piai/Fotolia.com © Natalia Pavlova/Fotolia.com © Edyta Pawlowska/Fotolia.com © Paylessimages/Fotolia.com © peterka/Fotolia.com © Uros Petrovic/Fotolia.com © Michael Pettigrew/Fotolia.com © Geoff Pickering/Fotolia.com © thierry planche/Fotolia.com © Reena/Fotolia.com © Richard30d/Fotolia.com © Dave Riganelli/Fotolia.com © RKPHOTO/Fotolia.com © Pascal Rocha/Fotolia.com © Rodionov/Fotolia.com © Warren Rosenberg/Fotolia.com © Dmitry Rukhlenko/Fotolia.com © John Sandoy/Fotolia.com © Markus Schmid/Fotolia.com © Carola Schubbel/Fotolia.com © Ian Scott/Fotolia.com © sergeM/Fotolia.com © Roman Shiyanov/Fotolia.com © siloto/Fotolia.com © Natalia Sinjushina/Fotolia.com © Serj Siz`kov/Fotolia.com © Sam Slade/Fotolia.com © Carolina K Smith MD/Fotolia.com © Becky Stares/Fotolia.com © Artur Steinhagen/Fotolia.com © Studiotouch/Fotolia.com © svl861/Fotolia.com © sykors/Fotolia.co© Daniel Tackley/Fotolia.com © Régine TEMAM/Fotolia.com © Raymond Thill/Fotolia.com © Tramper2/Fotolia.com © Nicola Vernizzi/Fotolia.com © Weltenbummler/Fotolia.com © S.White/Fotolia.com © Aaron Whitney/Fotolia.com © willtu/Fotolia.com © Hartmut Wolf/Fotolia.com © yxowert/Fotolia.com © zampa/Fotolia.com © A. Zaytsev/Fotolia.com © Dušan Zidar/Fotolia.com © zobeedy/Fotolia.com © Wolfgang Zwicknagl/Fotolia.com © Andrzej/Fotolia.com © Angel_a/Fotolia.com © arsdigital.de/Fotolia.com © Arsha/Fotolia.com © artsocks/Fotolia.com © Svetlana Batura/Fotolia.com © Katrina Brown/Fotolia.com © Cekur/Fotolia.com © hakan çorbacı/Fotolia.com © laurent dambies/Fotolia.com © Mikael Damkier/Fotolia.com © Andrea Danti/Fotolia.com © Dom A/Fotolia.com © endostock/Fotolia.com © EastWest Imaging/Fotolia.com © Eric Gevaert/Fotolia.com © godfer/Fotolia.com © Ivan Grlic/Fotolia.com © grimplet/Fotolia.com © Ivan Hafizov/Fotolia.com © Irata/Fotolia.com © JANULLA/Fotolia.com ©

javarman/Fotolia.com © Doctor Kan/Fotolia.com © Irina Karlova/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © kelleyjoy/Fotolia.com © Michael Kempf/Fotolia.com © lightpoet/Fotolia.com © LightScribe/Fotolia.com © Taras Livyy/Fotolia.com © luxpainter/Fotolia.com © loic GESTIN/Fotolia.com © Yahia LOUKKAL/Fotolia.com © Dominique LUZY/Fotolia.com © Roslen Mack/Fotolia.com © mangostock/Fotolia.com © Xavier MARCHANT/Fotolia.com © michelangelus/Fotolia.com © motionstock/Fotolia.com © M&S Fotodesign/Fotolia.com © Nomad_Soul/Fotolia.com © nyul/Fotolia.com © OlgaLIS/Fotolia.com © OOZ/Fotolia.com © photka/Fotolia.com © Photosani/Fotolia.com © picsfive/Fotolia.com © Andrejs Pidjass/Fotolia.com © pressmaster/Fotolia.com © Dan Race/Fotolia.com © Warren Rosenberg/Fotolia.com © rusya m/Fotolia.com © spe/Fotolia.com © Artur Steinhagen/Fotolia.com © sumnersgraphicsinc/Fotolia.com © Sveta/Fotolia.com © Stephen Sweet/Fotolia.com © S_E/Fotolia.com © Andrzej Tokarski/Fotolia.com © urosr/Fotolia.com © Jeremy Wee/Fotolia.com © Robin Williams/Fotolia.com © Magdalena Żurawska/Fotolia.com © Manuela Alcer/Fotolia.com © asmik/Fotolia.com © Martina Berg/Fotolia.com © Bergfee/Fotolia.com © Clément Billet/Fotolia.com © Martin BN/Fotolia.com © Aleksander Bolbot/Fotolia.com © Christian Bridgwater/Fotolia.com © Sascha Burkard/Fotolia.com © Steve Byland/Fotolia.com © Caméléon/Fotolia.com © cbpix/Fotolia.com © LoonChild/Fotolia.com © Matthew Cole/Fotolia.com © Eli Coory/Fotolia.com © corepics/Fotolia.com © cpauschert/Fotolia.com © csourav/Fotolia.com © Les Cunliffe/Fotolia.com © Danicek/Fotolia.com © Philip Date/Fotolia.com © dmitriy/Fotolia.com © erectus/Fotolia.com © ermess/Fotolia.com © Flipper75/Fotolia.com © Cate Frost/Fotolia.com © GOL/Fotolia.com © Michael Gray /Fotolia.com© Eric Gevaert/Fotolia.com© Hedrus/Fotolia.com © lgunderson/Fotolia.com © Eric Isselée/Fotolia.com © JLV Image Works/Fotolia.com © Sven Kamin/Fotolia.com © Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com © Hennie Kissling/Fotolia.com © Dmitriy Kosterev/Fotolia.com © Gernot Krautberger/Fotolia.com © krishnacreations/Fotolia.com © Grigory Kubatyan/Fotolia.com © Tomasz Kubis/Fotolia.com © Kaido Kärner /Fotolia.com © Kaido Kärner /Fotolia.com © michael luckett/Fotolia.com

© Winston Lue/Fotolia.com © Graham Maddrell /Fotolia.com© Thierry Maffeis/Fotolia.com© mattei/Fotolia.com© Ilja Mašík /Fotolia.com © Vladimir Melnikov/Fotolia.com © mrslevite/Fotolia.com © Pawel Nawrot/Fotolia.com © Derrick Neill/Fotolia.com © Cloudia Newland/Fotolia.com © Tyler Olson/Fotolia.com © Andrew Orlemann/Fotolia.com © Jim Parkin/Fotolia.com © Philippe Perraud/Fotolia.com © pgm/Fotolia.com © photobar/Fotolia.com © Photofranck/Fotolia.com © Dmitry Pichugin/Fotolia.com© Lee Prince/Fotolia.com© Dariusz Pokus/Fotolia.com © Alexander Potapov/Fotolia.com © PSHAW-PHOTO/Fotolia.com © Celso Pupo/Fotolia.com © redrex/Fotolia.com © Norton Russell/Fotolia.com © Carlos Santa Maria/Fotolia.com © Leonid Smirnov/Fotolia.com © StarJumper/Fotolia.com © Lee Torrens/Fotolia.com © Valcho/Fotolia.com © Vanessa/Fotolia.com © Vanessa/Fotolia.com © Valery Vasilev/Fotolia.com © Ana Vasileva/Fotolia.com© Uwe Wittbrock/Fotolia.com © Serg Zastavkin/Fotolia.com © V. ZHURAVLEV/Fotolia.com © Oleg Znamenskiy/Fotolia.com © Zolran/Fotolia.com © 2roxfox/Fotolia.com Aristotle Altemps Inv8575 (Wiki, PD, Ludovisi Collection) © Vesalius De humani corporis fabrica (Wiki, PD, prawa wygasły) © Linneusz Systema Naturae (Wiki, PD, prawa wygasły) © Escherichia coli NIAID (Wiki, PD, autor Rocky Mountain Laboratories, NIAID, NIH) © 659px-Haeckel arbol bn (Wiki, PD, prawa wygasły) © 3-14 University of Texas (zgoda na wykorzystanie) © HIV-1 Transmission electron micrograph AIDS02bbb_lores (Wiki, PD, autor PD-USGov-HHS-CDC) © Streptococcus pneumoniae (Wiki, PD-USGov-HHS-CDC, autor Janice Carr) © Trypanosoma sp. PHIL_613_lores (Wiki, PD, autor CDC Dr Myron G Schultz) © Asteroxylon (XfrogPlants PREHISTORIC) © Mvey0290 (Wiki, PD, NOAA USA GOV) © Portuguese Man-O-War (Physalia_physalis) (Wiki, PD, autor US Gov Noaa - PD) © Montastraea cavernosa (Wiki, PD, NOaA) © Acropora pulchra (Wiki, uznanie autora Robert Kok) © Montastrea cavernosa (Wiki, PD, U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration) © Fasciola hepatica2 (Wiki, PD, autor Adam Cuerden) © Schistosoma_20041-300 (Wiki, copy free PD, autor David Williams Illinois State University) © Enlarged c elegans (Wiki, PD, autor National Human Genome Research Institute) © Cykada Delfy w lipcu 2013 (M. Makowska, zgoda na publikację) © Loch

Shin adder (Wiki, PD, autor Highlandtiercel) © Silkworm 01 (Wiki, PD, prawa wygasly The Century Dictionary and Cyclopedia 1913) © Herpes simplex virus TEM_B82-0474_lores (Wiki, PD, CDC Dr Erskine Palmer) © Sicklecells (Wiki, PD, USGov NIDDK) © Golden Rice (Wiki uznanie autorstwa International Rice Research Institute (IRRI)